

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS ROSA SCHWEITZER

**ORIGEM DO “LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO” E EFEITOS SOBRE  
A QUALIDADE DA MADEIRA DE *Pinus taeda* DA REGIÃO SERRANA DE  
SANTA CATARINA**

CURITIBA

2016

VINICIUS ROSA SCHWEITZER

**ORIGEM DO “LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO” E EFEITOS SOBRE  
A QUALIDADE DA MADEIRA DE *Pinus taeda* DA REGIÃO SERRANA DE  
SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Engenharia Florestal, Área de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Schweitzer, Vinicius Rosa

Origem do "lenho anormal de compressão" e efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* da região serrana de Santa Catarina / Vinicius Rosa Schweitzer. – Curitiba, 2016.

92 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 24/02/2016.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Madeira – Química. 2. *Pinus taeda* – Santa Catarina (SC). 3. Madeira – Qualidade. 4. Teses. I. Matos, Jorge Luis Monteiro de. II. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. III. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.813



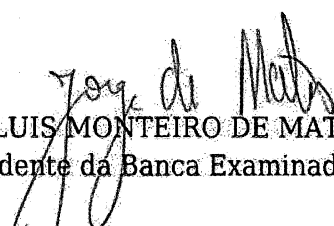
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Programa de Pós Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL  
Código CAPES: 40001016015P0

### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **VINICIUS ROSA SCHWEITZER**, intitulada: "**ORIGEM DO "LENHO ANORMAL DE COMPRESSÃO" E EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DA MADEIRA DE PINUS TAEDA DA REGIÃO SERRANA DE SANTA CATARINA**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

A PROVAÇÃO

Curitiba, 24 de Fevereiro de 2016.

  
Prof JORGE LUIS MONTEIRO DE MATOS (UFPR)  
(Presidente da Banca Examinadora)

  
Prof JOSÉ GUILHERME PRATA (UFPR)

  
Prof MARIO DOBNER JUNIOR (UFSC)

Ao Pai Celestial,  
À minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná por ter me possibilitado alcançar este nível de crescimento pessoal e profissional estando dentro de um dos melhores centros de formação em Tecnologia da Madeira.

Ao professor Doutor Jorge Luis Monteiro de Matos pela orientação durante este trabalho e pelo apoio dado durante a pesquisa.

A empresa Florestal Rio Marombas, pela concessão do material utilizado e pelo apoio dado ao longo do projeto.

Ao Pai Celestial por ter iluminado meu caminho durante esta trajetória.

A meus pais, Santusa e Libório, minha irmã, Maria Helena e meu cunhado Pedro, por estarem sempre ao meu lado, me ajudando, aconselhando, me ouvindo e me orientando a concluir mais esta etapa na minha vida.

A minha namorada, Méri, por estar ao meu lado durante todo o processo de seleção, até a conquista de me tornar Mestre, obrigado pelos conselhos e também por ter me ouvido durante os momentos difíceis.

A meus padrinhos, Bernardo e Teresinha, por terem se tornado meus pais adotivos aqui em Curitiba, por terem me recebido de braços abertos em sua casa.

Aos meus amigos de pós, onde dividimos muito mais que cafés e lanches durante os dias de trabalho, mas sim as dificuldades e alegrias desta nova fase de nossas vidas. A todos vocês desejo um futuro incrível e de muitas conquistas.

Aos funcionários Sr. Gilberto e Sr. Ademir pelo auxílio durante o desenvolvimento do trabalho, que foi de fundamental importância para a realização dele.

À técnica de laboratório Mariuci Torres dos Santos por todo o auxílio dado durante a realização do projeto.

Ao Pretinho Básico da rede Atlântida de rádios, pela companhia durante a pesquisa.

A CAPES pela concessão da bolsa durante o período de realização do Mestrado.

## RESUMO

Com a segunda maior área plantada com *Pinus spp.* o estado de Santa Catarina é um dos maiores fornecedores de madeiras deste gênero para as indústrias do setor. Apesar de a produção de madeira de *Pinus taeda* ter transcorrido relativamente livre de problemas, nos últimos anos tem sido relatado pelas empresas de base florestal diversos problemas no desdobro de alguns indivíduos; tais como: áreas de coloração diferenciadas, assimetria dos anéis de crescimento, maior densidade da madeira, problemas de secagem e colagem, além de as toras travarem os equipamentos de corte. Isto tem sido atribuído a ocorrência, em algumas árvores, de um lenho diferenciado, com características do lenho de reação de coníferas, porém denominado de “lenho anormal de compressão” (LAC), pois suas ocorrências se dão em situações onde o lenho de reação tende a não acontecer. As hipóteses levantadas neste trabalho para buscar a origem da ocorrência do problema nos plantios são: a procedência das sementes utilizadas na produção das mudas e a influência da prática de poda e desbaste agravam a ocorrência do LAC. Com base no exposto, o objetivo deste trabalho constituiu-se em avaliar as prováveis causas para ocorrência do problema e os efeitos da presença deste lenho anormal de compressão, sobre as características físicas, anatômicas, químicas e mecânicas da madeira de *Pinus taeda*, bem como as implicações sobre a sua utilização tecnológica. Para isto, foram amostrados 20 indivíduos, em 4 tratamentos, chamados de “testemunha”, “madeiras com LAC”, “não podadas” e “2ª procedência - Geórgia”. A coleta destes indivíduos aconteceu em plantios comerciais da empresa Florestal Rio Marombas LTDA, nas cidades de Santa Cecília e Ponte Alta do Norte, ambas no Estado de Santa Catarina, já a preparação deste material para as análises ocorreu no Laboratório de Tecnologia da Madeira (LTM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os ensaios transcorreram da seguinte maneira, ensaios físicos e químicos desenvolvidos no LTM, produção dos cortes anatômicos e montagem de lâminas, no Laboratório de Anatomia da Madeira, na UFPR e ensaios para a caracterização química, no Laboratório de Química da Madeira na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Pelos resultados obtidos concluiu-se que a origem do problema se encontra em árvores produzidas de sementes procedentes da África do Sul e que as práticas silviculturais, não são os causadores do LAC. Com relação aos efeitos causados pelo LAC sobre as propriedades físicas, químicas, anatômicas e mecânicas da madeira concluiu-se que importantes alterações químicas ocorrem, e que o arranjo anatômico diferenciado das madeiras com LAC afetam suas propriedades físicas e mecânicas, elevando os índices de densidade, e alterando, maior propensão a degradação por fungos e bactérias, além de maior exigência técnica no momento do processamento mecânico e secagem, em relação a madeira livre de defeito.

Palavras chaves: *Pinus spp.*; propriedades da madeira, química da madeira, lenho de reação.

## ABSTRACT

With the second largest area planted with *Pinus spp.* the state of Santa Catarina is one of the largest wood suppliers of this kind for the sector's industries. Although timber production of loblolly pine have passed relatively free of problems in recent years it has been reported by the forest-based companies many problems in the unfolding of some individuals; such as coloring areas differentiated asymmetry of growth rings, greater density of wood, drying and bonding problems, and the logs crashes cutting equipment. This has been attributed to the occurrence of some trees, in a different wood, with features coniferous reaction wood, but so-called "abnormal wood compression" (LAC) since they occur are given in situations where the reaction wood it tends not to occur. The hypotheses in this work to find the source of the problem occurring in plantations are: the origin of the seed used in the production of seedlings and the influence of pruning and thinning practices aggravate the occurrence of LAC. Based on the above, the objective of this work consisted in assessing the likely causes for the occurrence of the problem and the effects of the presence of this abnormal wood compression on the physical, anatomical, chemical and mechanical properties of *Pinus taeda* and the implications of its technological use. For this, we sampled 20 individuals in 4 treatments, called "witness", "woods with LAC", "unpruned" and "2nd origin - Georgia". The collection of these individuals took place in commercial plantations Florestal Rio Marombas LTDA in the cities of Santa Cecília and Ponte Alta do Norte, both in the state of Santa Catarina, since the preparation of this material for analysis occurred in Wood Technology Laboratory (LTM ) of the Federal University of Paraná (UFPR). The passed tests as follows, physical and chemical tests developed in the LTM, production of anatomical cuts and mounting blades in the Wood Anatomy Laboratory at UFPR and testing for the chemical, in the Madeira Chemistry Laboratory at the State University Santa Catarina (UDESC). From the results it was concluded that the source of the problem lies in trees produced seeds coming from South Africa and silvicultural practices are not the cause of the LAC. With regard to the effects caused by the LAC on the physical, chemical, anatomical and mechanical wood it was concluded that important chemical changes occur, and that the different anatomical arrangement of the woods with LAC affect their physical and mechanical properties, increasing the density rates and changing, more prone to degradation by bacteria and fungi, and higher technical requirement at the time of mechanical processing and drying, for defect-free wood.

Keywords: *Pinus spp.*; wood properties, chemical wood, wood reaction.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Mapa de ocorrência de <i>Pinus taeda</i> nos EUA.....	24
FIGURA 2	- Distribuição das Florestas Plantadas de <i>Pinus</i> no Brasil.....	34
FIGURA 3	- Localização dos municípios de Santa Cecília e Ponte Alta do Norte no estado de Santa Catarina.....	47
FIGURA 4	- Corte das árvores, retirada de discos e avaliação da ocorrência do LAC.....	49
FIGURA 5	- Material da pesquisa organizado.....	50
FIGURA 6	- Etapas para determinação da massa específica.....	52
FIGURA 7	- Preparação dos corpos de prova e etapas para determinação da retratibilidade.....	54
FIGURA 8	- Preparação dos corpos de prova e etapas para determinação da flexão estática.....	56
FIGURA 9	- Preparação dos corpos de prova e etapas para determinação da resistência a compressão paralela às fibras.....	57
FIGURA 10	- Esquema das etapas da preparação da madeira para análises químicas.....	58
FIGURA 11	- Procedimentos para determinação das propriedades químicas.....	62
FIGURA 12	- Procedimentos para estudo das propriedades anatômicas.....	63
FIGURA 13	- Aspecto do tronco de <i>Pinus taeda</i> com lenho normal e com ocorrência de LAC.....	65
GRÁFICO 1	- Variação da massa específica básica por altura de coleta.....	68
FIGURA 14	- Imagens dos cortes anatômicos.....	77

## LISTAS DE TABELAS

TABELA 1	- Descrição dos tratamentos coletados e quantidades amostradas.....	48
TABELA 2	- Variáveis de resposta coletadas para avaliar os efeitos da presença do lenho anormal de compressão - LAC na madeira de <i>Pinus taeda</i> .....	48
TABELA 3	- Relação dos tratamentos e ocorrência do LAC nas amostras.....	64
TABELA 4	- Valores médios da massa específica básica obtida por tratamento.....	66
TABELA 5	- Resultados médios da massa específica básica por altura de coleta.....	67
TABELA 6	- Valores médios de parâmetros relacionados à estabilidade dimensional da madeira de <i>Pinus taeda</i> para cada tratamento.....	70
TABELA 7	- Resultados médios da resistência à flexão estática e dinâmica por tratamento.....	71
TABELA 8	- Resultados médios da resistência à compressão paralela as fibras obtidas nos diferentes tratamentos.....	73
TABELA 9	- Resultados médios das propriedades químicas da madeira com lenho anormal de reação e da testemunha.....	75

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1	Formulação do problema.....	15
1.2	Efeito da presença do LAC sobre a qualidade da madeira.....	16
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
3.1	Setor florestal brasileiro.....	18
3.2	Importância do <i>Pinus</i> para a indústria.....	21
3.3	Considerações gerais sobre o <i>Pinus taeda</i> L.....	23
3.4	História e importância da madeira no desenvolvimento de Santa Catarina.....	27
3.5	Propriedades físicas e mecânicas.....	34
3.6	Propriedades químicas.....	36
3.7	Propriedades anatômicas.....	38
3.8	Madeira de reação.....	38
3.9	Lenho anormal de compressão (LAC).....	39
3.10	Práticas silviculturais.....	42
3.10.1	Poda.....	43
3.10.2	Desbaste.....	44
3.10.3	Espaçamento.....	45
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	47
4.1	Determinação das propriedades físicas e mecânicas.....	51
4.1.1	Determinação da massa específica básica.....	51
4.1.2	Determinação da estabilidade dimensional.....	52
4.2	Determinação das propriedades mecânicas.....	54
4.2.1	Determinação da resistência a flexão estática.....	54
4.2.2	Determinação da resistência a compressão paralela às fibras...	56
4.3	Determinação das propriedades químicas da madeira.....	57
4.3.1	Teor de umidade.....	59
4.3.2	Teor de cinzas.....	59

4.3.3	Determinação do material solúvel em NaOH a 1%.....	60
4.3.4	Solubilidade em etanol-tolueno.....	61
4.3.5	Determinação de lignina solúvel em ácido.....	61
4.4	Propriedades anatômicas.....	62
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>63</b>
5.1	Resultados da investigação da origem e ocorrência do LAC nas árvores.....	63
5.2	Resultados dos efeitos do LAC sobre as propriedades da madeira de <i>Pinus taeda</i> .....	65
5.2.1	Propriedades físicas.....	65
5.2.1.1	Massa específica.....	65
5.2.1.1.1	Massa específica básica por tratamento.....	65
5.2.1.1.2	Massa específica básica por altura de coleta.....	67
5.2.1.2	Estabilidade dimensional.....	68
5.2.2	Propriedades mecânicas.....	71
5.2.2.1	Resistência a flexão estática.....	71
5.2.2.2	Resistência a compressão paralela as fibras.....	73
5.2.3	Propriedades químicas.....	74
5.2.4	Propriedades anatômicas.....	77
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas brasileiras, distribuídas por seis biomas com características particulares, ocupam cerca de 61 % do território brasileiro e desempenham importantes funções sociais, econômicas e ambientais. Ofertam uma variedade de bens, como produtos florestais madeireiros e não madeireiros, e prestam serviços ambientais essenciais, como a conservação dos recursos hídricos e edáficos, a conservação da biodiversidade, a estabilidade climática, além de possuir valores culturais (MMA, 2010).

O Brasil é um país de elevado potencial florestal tendo sua cobertura composta por florestas naturais e plantadas, as quais abrangem aproximadamente 545 milhões de ha, o que equivale a 2/3 do território nacional. As florestas naturais, localizadas principalmente na região amazônica e denominadas florestas tropicais são predominantes, com total de 539 milhões de ha (ABIMCI, 2009). Já as áreas de florestas plantadas somam cerca de 7,7 milhões de ha (IBÁ, 2015).

Ao longo dos anos, com a redução da disponibilidade de madeira das florestas tropicais e com as restrições impostas à utilização indiscriminada destas florestas para fornecimento de madeira para uso industrial, novas espécies passaram a ser plantadas e utilizadas, constituindo assim, uma alternativa de suprimento de matéria prima para as indústrias madeireiras (TRIANOSKI, 2012).

Com os incentivos fiscais concedidos pelo governo federal na década de 60, foram implantadas na região Sul do país grandes áreas de plantio das espécies de *Pinus taeda* e de *Pinus elliottii*. Na época os plantios eram direcionados para a produção de celulose e papel, gerando assim uma matéria prima de baixa qualidade para uso em outras aplicações nas indústrias de base florestal, contudo, o desenvolvimento deste modelo de indústria demonstrou que elas possuíam um grande potencial para a indústria de madeira serrada pois ambas se destacaram pelo rápido crescimento, facilidade de aplicação de práticas silviculturais e de manejo, além da sua elevada produtividade.

A indústria de base florestal atual utiliza em grande escala florestas plantadas do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. O gênero *Pinus* compõe 23,4 % dos

plantios (1,56 milhões de ha), localizando-se principalmente na região Sul, nos estados do Paraná e Santa Catarina (ABRAF, 2013).

A preocupação com o uso de recursos naturais renováveis tem sido constante e o uso múltiplo das florestas está se tornando cada vez mais importante (BRAND et al., 2004). Apesar de ambas as espécies apresentarem ótimo desenvolvimento na região Sul do Brasil, o *Pinus elliottii* apresenta alguns problemas em sua utilização na indústria, o maior teor de resina é o mais relevante deles, sendo assim, o *Pinus taeda* supre, quase que exclusivamente a demanda das indústrias.

O *Pinus taeda* ocorre naturalmente na região sudeste dos Estados Unidos, abrangendo desde o leste do estado da Virgínia e sul da Carolina do Norte, até o norte da Flórida. Segundo Barrichelo et al. (1977) em sua região de origem se desenvolve desde o nível do mar até altitudes acima de 600 metros, entre as latitudes de 29° Norte até 38° Norte e as longitudes de 75° Oeste e 95° Oeste.

No Brasil as maiores áreas plantadas com a espécie são os estados do sul, e principalmente Paraná e Santa Catarina, o primeiro localizado entre as latitudes 22° e 27° Sul e longitude 48° e 54° Oeste, o segundo entre as latitudes 25° e 29° Sul e entre os meridianos 48° e 53° Oeste. A temperatura média anual nos dois estados é semelhante, 18 °C para o Paraná e 17 °C para Santa Catarina, contudo no estado paranaense a amplitude térmica é maior.

O gênero *Pinus* constitui umas das mais importantes introduções florestais no Brasil. Os primeiros estudos com este gênero já mostravam excelentes índices de desenvolvimento nos solos brasileiros. Apesar de várias espécies terem sido plantadas, são duas que possuem maior destaque nos estados do Sul do Brasil são *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Os estados do sul do país são os que possuem maior relevância na produção destas espécies.

O estado de Santa Catarina é um dos maiores destaques, não apenas por ter a segunda maior área reflorestada de *Pinus* no país (IBÁ, 2015), mas por sua área corresponder a mais de 5 % da área total do estado, valor equivalente a 540.000ha. A maior área reflorestada com o gênero pertence ao estado do Paraná, que possui 620.000ha, área que corresponde a pouca mais de 3 % da área total do estado.

O estado de Santa Catarina teve uma produção de aproximadamente 167.000 m<sup>3</sup> (IBGE, 2013) de madeira. No ano de 2014 a área plantada com árvores no estado foi de 661.000 ha, sendo que 81,9 % são da madeira de *Pinus spp.* (IBÁ, 2015), estes dados mostram a importância que o gênero possui para o estado, pois fornece subsídio para as indústrias manterem suas altas produções.

A ótima adaptação do *Pinus taeda* ao estado de Santa Catarina pode ser explicada pelas semelhanças climáticas, encontradas entre o seu local de ocorrência natural e esta região, a localização geográfica destas duas áreas, são similares também em temperatura média, precipitação e incidência solar

O principal objetivo da introdução das espécies do *Pinus spp.* se deu pelas preocupações existentes na época relacionadas ao abastecimento e ao futuro econômico do setor madeireiro do estado de Santa Catarina, conhecido como importante pólo das indústrias de madeira no Brasil, principalmente na região serrana.

Este fato pode ser confirmado pela citação de Hoff e Simioni (2005), “Santa Catarina possuía em 1955, 12,2 % da área total de floresta de araucária (135.000 ha), o que correspondia um total de 27 milhões de árvores com diâmetro superior a 40 cm. A cidade de Lages chegou a responder por 12 % do ICM do estado”.

Atualmente o setor de base florestal catarinense é responsável pelo abastecimento de diversas empresas, que utilizam a madeira como matéria prima, com toras dos mais variados diâmetros e de alta qualidade, durante vários anos a produção se deu relativamente livre de problemas, contudo nos últimos tempos vem sendo relatada a ocorrência de uma estranha forma de lenho de compressão, que ocorre em condições não usuais, como sítios de alta qualidade e principalmente, planos. Devido a isso este lenho recebeu a nomenclatura de “lenho anormal de compressão” (LAC).

Os primeiros registros deste lenho anormal de compressão foram feitos no início dos anos 80, na África do Sul, onde percebeu-se que uma grande quantidade de toras de segundo desbaste ficavam presas nas serras da empresa Timbadola (Droomer, 1982). Estudos que se seguiram revelaram sua presença em muitos indivíduos e a percentagem de árvores com esta anormalidade variou consideravelmente e chegou a atingir 45% (Van Der Sijde et al. 1985). Este

fenômeno foi citado inicialmente como “madeira de reação”, mas foi alterado mais tarde para “madeira anormal de compressão”, pois apesar do tipo de tecido formado ter as mesmas características da madeira de compressão “normal”, a madeira anormal de compressão ocorre em locais não propensos à sua incidência.

A madeira anormal de compressão em *Pinus taeda* é atualmente um dos mais graves problemas que afetam a espécie, pois há uma tendência de enfraquecimento da peça sob carga prolongada quando utilizada para fins estruturais e também há a tendência de delaminação entre o cerne e o alburno, com implicações no processamento, rendimento, qualidade e preço do produto final (Malan e Kassier, 2002 – adaptado).

A ocorrência de lenho anormal de compressão afeta diretamente a utilização da madeira, visto que a incidência no gênero *Pinus spp.* além de incomum, é altamente limitante ao uso, devido as alterações que causa nas características físicas, mecânicas, anatômicas e químicas.

### 1.1 Formulação do problema

Um problema recente tem sido observado em plantios de *Pinus taeda* de empresas da região serrana de Santa Catarina. Tem sido reportado que algumas árvores têm apresentado um defeito de crescimento, semelhante à ocorrência de madeira de compressão, mas com características distintas daquela. Nas toras em que houve a formação deste lenho, tem sido relatada grande dificuldade de desdobro das toras e o produto obtido, (tábuas e lâminas) é de baixa qualidade. Também foram relatados problemas de secagem e usinagem das peças que apresentaram este tipo de lenho anormal.

Para efeito deste trabalho foram amostradas e estudadas árvores em povoamentos da Empresa Florestal Rio Marombas LTDA, localizada na Região Serrana de Santa Catarina, onde há relatos deste tipo de problema.

Observações realizadas em campo indicaram que não são todas as árvores de um mesmo plantio que apresentam o LAC. Com objetivo de identificar a possível origem deste problema e os efeitos sobre a qualidade da madeira, foram formuladas as seguintes hipóteses:



- Influência da origem das sementes (África do Sul x Geórgia - USA);
- Influência da prática de poda;
- Influência da intensidade de desbaste nos plantios.

Para identificar a origem para o surgimento do LAC, a metodologia consistiu de avaliar os tratamentos e a sanidade das árvores e toras após o abate, com:

- Árvores cujas mudas foram produzidas com sementes da procedência da África do Sul, que passaram por práticas de poda e desbaste;
- Árvores cujas mudas foram produzidas com sementes da procedência da África do Sul, que não foram podadas e não passaram por desbaste.
- Árvores cujas mudas foram produzidas com sementes da procedência da Geórgia, que passaram por práticas de poda e desbaste;

Nestas árvores foi feito o levantamento e tabulação de dados de ocorrência do LAC, em campo, no momento do corte das árvores. Para identificar a presença do LAC foram cortados discos em diferentes posições relativas das árvores.

## 1.2 Efeito da presença do LAC sobre a qualidade da madeira

Visando determinar as características deste material e a influência que o mesmo causa nas propriedades da madeira de *Pinus taeda*, foram realizados ensaios físicos, mecânicos, químicos e anatômicos. O delineamento experimental constituiu-se de:

- Avaliação de propriedades físicas, químicas, anatômicas e mecânicas em árvores em que o LAC foi constatado.

- Avaliação de propriedades físicas, químicas, anatômicas e mecânicas em árvores em que o LAC não foi constatado (testemunha).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a origem e consequências da ocorrência do lenho anormal de compressão sobre a qualidade da madeira de plantios de *Pinus taeda* da Florestal Rio Marombas LTDA, localizada na Região Serrana de Santa Catarina.

### 2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos a serem alcançados no estudo visam:

Identificar a origem e causas da presença do lenho anormal de compressão em plantios de *Pinus taeda* da Empresa Florestal Rio Marombas Ltda.

Avaliar os efeitos da presença do lenho anormal de compressão, sobre as características físicas, anatômicas, químicas e mecânicas da madeira de *Pinus taeda*, bem como as implicações sobre sua utilização tecnológica.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Setor florestal brasileiro

O Brasil é um país de elevado potencial florestal tendo sua cobertura composta por florestas naturais e plantadas, as quais abrangem aproximadamente 545 milhões de ha, o que equivale a 2/3 do território nacional. As florestas naturais, localizadas principalmente na região amazônica e denominadas florestas tropicais são predominantes, com total de 539 milhões de ha (ABIMCI, 2009). Já as áreas de florestas plantadas somam cerca de 7,74 milhões de ha, o que corresponde a 0,9 % do território nacional. As florestas plantadas são responsáveis por 91 % de toda a madeira produzida para fins indústrias no país (IBÁ, 2015).

A importância do setor florestal está relacionada à sua grande participação na economia brasileira, gerando produtos para consumo interno ou para exportação, criando impostos e empregos para a população e, ainda, atuando na conservação e preservação dos recursos naturais (ABIMCI, 2009), principalmente a partir de florestas plantadas de rápido crescimento.

Segundo o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2015) os principais produtos desta atividade são: celulose, diversos tipos de papel – para embalagens, de imprimir e escrever, papel cartão, para fins sanitários (*tissue*), imprensa e especiais, painéis de madeira reconstituída, pisos laminados, painéis compensados, moveis, demais produtos sólidos de madeira, carvão vegetal e outras biomassas para fins energéticos. As empresas do setor vêm intensificando ainda mais os investimentos para o desenvolvimento de bioprodutos inovadores, essenciais para atender a demanda futura da população por alimento, água, terra e energia.

A área de florestas plantadas vem aumentando a cada dia, em virtude das pressões ambientais exercidas sobre as florestas nativas, e também pelo elevado volume consumido pelas indústrias de base florestal (TRIANOSKI, 2012).

Segundo Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF) (2015), o consumo brasileiro de toras provenientes de plantios florestais foi de 238,6 mil

metros cúbicos em 2014. Este valor representa um aumento de mais de 3 % em relação ao ano anterior.

Porém para se atingir estes níveis de produção, foram necessários muitos anos de pesquisa e investimentos técnico e científico nas florestas. Um dos marcos deste processo de crescimento foi a introdução de espécies exóticas de rápido crescimento que fossem capazes de suprir as necessidades das indústrias, a introdução se deu pelo desenvolvimento das indústrias de base e também pela exaustão das florestas naturais.

Uma das razões para a introdução do *Pinus spp.* no país foi a necessidade da produção de madeira para abastecimento industrial, para processamento mecânico, na produção de madeira serrada, madeira laminada, na confecção de painéis ou na produção de celulose e papel (KRONKA et al.; 2005).

Kronka et al. (2005) citam em seu trabalho que as características exigidas para suprimento desta matéria-prima, nos diferentes segmentos setoriais de demanda, são plenamente atendidas pelas diferentes espécies introduzidas, aliadas a adequadas práticas silviculturais. Constituem alternativa na falta da *Araucaria angustifolia* ou “Pinho do Paraná” considerada “uma das melhores madeiras do mundo”, submetida a uma exploração intensiva e abusiva.

O gênero *Pinus* foi introduzido no país há aproximadamente um século, no entanto, a silvicultura desta espécie foi intensificada a partir de 1966, com a lei de incentivos fiscais promovida pelo governo federal, que tinha como objetivo solucionar a escassez de matéria prima e regulamentar a exploração e o uso das florestas, que até então estava sendo conduzida de maneira desenfreada (TRIANOSKI, 2012).

Assim, as duas principais espécies utilizadas nos novos plantios eram, o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda* pois foram as que apresentaram o melhor crescimento, aceitaram bem a intensa reprodução exigida na época e a facilidade de aplicar as práticas silviculturais também foram fatores determinantes para a consolidação destas espécies. Porém, devido aos altos níveis de resina que *P. elliottii* possui, o *P. taeda* apresentou melhor desempenho.

A introdução das novas espécies e os incentivos fiscais concedidos pelo IBDF tinham o objetivo de desenvolver a indústria de base da região, esta que já

era consagrada por ser um importante polo madeireiro. Fazendo assim com que a área de cobertura aumentasse significativamente. Inicialmente os plantios do estado de Santa Catarina eram voltados para a indústria de papel e celulose, por isso grande parte dos primeiros desbastes realizados pelas empresas foram direcionados para este fim. A instalação da Papel e Celulose Catarinense (PCC), em Correia Pinto, fortalece ainda mais este direcionamento, porém os bons índices obtidos nas florestas e a capacidade que a espécie possuía de receber bem os tratamentos silviculturais, mostraram ela poderia ser direcionada para outros modelos de indústria.

O interesse das papelarias na região de Lages está correlacionado à alta produtividade que as espécies de rápido crescimento apresentaram neste local. A região apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento das florestas de *Pinus spp.*, sendo possível efetuar o primeiro desbaste da madeira com 7-8 anos de plantio. Com 20 anos de idade é possível fazer a extração total da floresta. (HOFF e SIMIONI, 2005).

Na atualidade, os plantios comerciais continuam baseados em espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*. Segundo IBÁ(2015) a área coberta por florestas plantadas no Brasil totalizou 7,7 milhões de ha. Os plantios de eucalipto ocupam 5,6 milhões de hectares desta área, localizadas principalmente nos estados de Minas Gerais (25 %), São Paulo (17 %) e Mato Grosso do Sul (14 %), já os plantios de pinus correspondem por 1,6 milhão de hectares e estão situadas na sua maioria nos estados do Paraná (42 %) e Santa Catarina (34 %).

A maior concentração de plantios florestais destes dois gêneros ocorre nas regiões Sul e Sudeste do país (ZENID, 2009), com cerca de 75 %, onde também estão localizadas as principais unidades industriais dos segmentos de celulose, papel, painéis de madeira, madeira serrada e siderurgia a carvão vegetal (ABRAF, 2013).

Uma das ferramentas adotadas por estas empresas para demonstrar a sustentabilidade da cadeia produtiva de suas áreas plantadas e o comprometimento com as questões ambientais e sociais é a certificação florestal. A certificação é uma garantia, internacionalmente reconhecida, que permite identificar bens produzidos por meio de práticas restritivas e específicas nos vários aspectos ligados aos recursos naturais, serviços ambientais e engajamento de comunidades. Ao certificar processos e produtos, uma empresa

umenta sua credibilidade e se diferencia das demais pelo fato de apresentar garantias quanto a adoção do manejo florestal adequado e passa a dispor de um instrumento importante para conquistar novos mercados e aprimorar a gestão corporativa já que, para receber o selo, o fabricante passa por um processo de avaliação e auditoria (IBÁ, 2015).

### 3.2 Importância do *Pinus* para a Indústria

O gênero *Pinus* pertence à família Pinaceae e engloba mais de 100 espécies com grande potencial a ser explorado (AGUIAR et al., 2011).

Registros apontam as primeiras referências sobre a introdução do gênero *Pinus* no Brasil em 1906, porém nesta época, a sua finalidade era apenas ornamental, como o gênero ocorre naturalmente em alguns locais da Europa, esta população ao migrar para o continente Americano trouxe-o junto consigo. Porém, é apenas no ano de 1949 que foi registrada a primeira plantação, em São Paulo, o qual gerou as primeiras mudas brasileiras, a espécie era o *Pinus elliottii*. (KRONKA et al., 2005).

Das introduções, que constituem os primórdios da pinocultura no país, A. Löfgren relata em sua obra, para 16 espécies de *Pinus* e 55 espécies de *Eucalyptus* “a verdadeira natureza, nome e synonymos das espécies em ensaio e distribuição, seu valor utilitário, suas exigências de clima e solo e, finalmente, breves indicações sobre o cultivo e reprodução dellas”. (KRONKA et al.; 2005).

Segundo KRONKA et al. (2005), várias espécies do gênero foram introduzidas no Brasil, sendo classificadas em dois grupos: *Pinus* subtropicais e *Pinus* tropicais. As espécies subtropicais correspondem ao *P. elliottii* var. *elliottii*, *P. elliottii* var. *densa*, *P. taeda* e *P. patula*. Enquanto os tropicais são *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *Pinus kesiya*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. strobus* var. *chiapensis* e *P. tecunumanii*.

Os primeiros estudos referentes às espécies dos chamados *Pinus* Subtropicais foram feitos a partir de 1936 pelo atual Instituto Florestal de São Paulo, oportunidade em que foram introduzidas as primeiras sementes de *P. elliottii* var. *elliottii* e de *P. taeda*. (KRONKA et al.; 2005).

Tanto o *P. taeda* como o *P. elliottii* se destacaram pela facilidade nos tratamentos silviculturais, rápido crescimento e reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil (BRACELPA, 2014).

É notório que o principal motivo para a introdução deste novo gênero no Brasil foi a alta demanda que havia das indústrias por uma alternativa a matéria-prima nativa. Desde a década de 50, quando houve por parte do governo federal, incentivos fiscais para o desenvolvimento das indústrias de base, entre elas as empresas florestais, os estados da região Sul sempre tiveram papel importante como produtores e beneficiadores de madeira para as mais diversas aplicações.

Uma das razões mais importantes para a introdução do *Pinus* no país foi a necessidade da produção de madeira para abastecimento industrial, para processamento mecânico, na produção de madeira serrada, madeira laminada, na confecção de painéis ou na produção de celulose e papel. (KRONKA et al.; 2005).

As características exigidas para suprimento desta matéria-prima, nos diferentes segmentos setoriais de demanda, são plenamente atendidas pelas diferentes espécies introduzidas, aliadas e adequadas práticas silviculturais. Constituem alternativas na falta da *Araucaria angustifolia* ou “pinho do Paraná” considerada “uma das melhores madeiras do mundo”, submetida a uma exploração intensiva e abusiva. (KRONKA et al.; 2005).

Nas décadas de 1970 e 1980 as plantações deste gênero foram as principais fontes de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria florestal brasileira, abastecendo um mercado bastante diversificado (AGUIAR et al., 2011).

Na atualidade a distribuição dos plantios de *Pinus* no Brasil divide-se em duas principais grandes zonas: as regiões de clima temperado e a de clima tropical e subtropical. Na primeira zona, onde se tem a predominância de *P. elliottii* e *P. taeda*, abrange principalmente região sul e parte do sudeste do estado de São Paulo. As duas espécies são tolerantes a baixas temperaturas e a ocorrência de geadas, possuem alta produtividade nas regiões em que são plantadas que abrangem os planaltos dos estados do sul até o norte do Paraná, com *P. taeda* e a região Sul, como um todo, e parte do sudeste com plantios de *P. elliottii*. A segunda zona abrange uma área maior, onde se encontram os plantios das espécies subtropicais e tropicais como *P. caribaea* var. *hondurensis*,



*P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. tecunumanii*, *P. kesiya* e *P. patula*. Estas áreas são caracterizadas pela inexistência de geadas, estando sujeitas a um período de deficiência hídrica e mostrando um grande potencial para a produção de madeira e resina. (SHIMIZU; MEDRANO, 2006; SHIMIZU, 2008).

### 3.3 Considerações gerais sobre *Pinus taeda*

*Pinus taeda* é uma espécie nativa do sudeste dos Estados Unidos e amplamente cultivada nas regiões tropicais e subtropicais (TANG et al., 1998).

Segundo BARRICHELO et al. (1977), o *Pinus taeda* é umas das principais espécies ocorrendo naturalmente em toda a região sudeste dos Estados Unidos da América.

Sua área natural abrange desde o leste do estado da Virginia e sul da Carolina do Norte, até o norte da Flórida (GUPTA; DURZAN, 1991).

Nos Estados Unidos é considerada uma das espécies comerciais mais importantes do país e conseqüentemente uma das mais relevantes economicamente para o mundo.

A espécie se destaca devido à grande distribuição geográfica. Em sua região de origem se desenvolve desde o nível do mar até altitudes acima de 600 metros, entre as latitudes de 29° N até 38° N e as longitudes de 75° W e 95° W (Koch, 1972).

A FIGURA 1 indica o local de ocorrência natural do *Pinus taeda* nos Estados Unidos.



práticas silviculturais tem aumentado substancialmente o desenvolvimento e crescimento desta espécie (JONES et al., 2005).

No Brasil, as plantações comerciais desta espécie têm sido efetuadas na região sul e sudeste, sobretudo nas terras mais altas da serra gaúcha e do planalto catarinense (MARCHIORI, 1996). Shimizu (2008) complementa o plantio nestas duas regiões (sul e sudeste) mencionando plantios em solos bem drenados, e sem déficit hídrico, as quais incluem as áreas serranas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina já mencionadas, no Paraná, e locais mais chuvosos dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Apesar dos plantios terem sido implantados e conduzidos para produção de polpa e papel, já a partir da década de 70 a indústria de transformação mecânica do Sul iniciava um processo de utilização do *Pinus* para produção de madeira serrada e lâminas. O processo de utilização do *Pinus* nesta indústria cresceu à medida que as reservas naturais da região se esgotaram, ou eram incluídas como áreas de preservação permanente (MUÑIZ, 1993).

Devido ao manejo, podem ser formados povoamentos de alta qualidade, com árvores de fuste reto, baixa incidência de defeitos e ramos finos. Além disso, características internas como a densidade da madeira também são passíveis de melhoramento, seja no sentido de aumentar, de reduzir ou de uniformizar as árvores. Essas características são fundamentais para a formação de madeira de alta qualidade e de alto rendimento nas indústrias. A madeira de *Pinus taeda* é utilizada para processamento mecânico na produção de peças serradas para estruturas, confecção de móveis, embalagens, molduras e chapas de diversos tipos. Para esses usos, a qualidade da matéria-prima aumenta à medida que aumenta a densidade da madeira, dentro dos limites normais da espécie. No entanto, na produção de celulose de fibra longa pelos processos mecânicos e semimecânicos, a madeira juvenil desta espécie, de baixa densidade, é muitas vezes preferida (SHIMIZU, 2008).

A floresta de *Pinus* é diferenciada pelo seu multiuso pois sua madeira pode ser destinada à indústria laminadora, que a utiliza para fabricação de compensados; para a indústria de serrados, que a transforma em madeira beneficiada ou é convertida em móveis; para a indústria de papel e celulose; para a indústria de MDF e, mesmo o seu resíduo, tem sido aproveitado como biomassa para geração de vapor e energia (CARGNIN, 2005).

A rusticidade da espécie, a alta capacidade de desenvolvimento, de adaptação e a grande variedade de uso da madeira contribuiu fortemente para o desenvolvimento da cultura.

O *Pinus taeda* tem sido uma das espécies preferidas para plantios em reflorestamentos comerciais, abrangendo aproximadamente um milhão de hectares, pelas seguintes características: a) madeira de cor clara, variando de branca a amarelada; b) madeira de fibra longa, apropriada para fabricação de papel de alta resistência para embalagens, papel de impressão e outros tipos de papéis; e c) rusticidade e tolerância, possibilitando o plantio em solos marginais para agricultura e, assim, agregar valor à terra com a produção adicional de madeira, formação de cobertura protetora do solo e reconstituição de ambientes propícios à recomposição espontânea da vegetação nativa em locais degradados (SHIMIZU e MEDRADO, 2006).

Os plantios de *Pinus taeda* no Brasil apresentam crescimento volumétrico entre 20 e 30 m<sup>3</sup>/ha/ano e sua rotação é de cerca de 20 anos, sendo que os desbastes são realizados nos plantios aos 8 e 14 anos de idade (BASSA, 2006).

Muitas pesquisas foram desenvolvidas com a espécie, podendo-se relatar as características de crescimento a partir de algumas delas, como por exemplo, Matos (1997), que em seu estudo utilizou árvores provenientes de Santa Catarina, com 21 anos, as quais possuíam altura média de 19,4 m e DAP de 32,3 cm.

Klock (2000) e Mendes (2001), que avaliando diferentes espécies de *Pinus* provenientes do mesmo sítio de crescimento em Ventania – PR, obtiveram para o *P. taeda*, altura total de 15 m a 15,2 m, diâmetro médio de 28 cm a 28,7 cm e volume médio sem casca de 0,334 m<sup>3</sup> a 0,340 m<sup>3</sup>, para árvores com 10 e 11 anos respectivamente.

Chies (2005) em estudo da qualidade da madeira de *P. taeda* com 21 anos em diferentes espaçamentos, localizados na região de Três Barras – SC, obteve altura média total entre 26 m e 27,8 m, DAP médio de 26,4 cm a 31,1 cm e incremento médio anual entre 1,3 cm/ano a 1,6 cm/ano.

Oliveira et al. (2006) em determinação das propriedades de *Pinus taeda*, em plantios de 9, 13 e 20 anos, obtiveram para plantios localizados em Sengés

– PR, altura média de 12,6 m, 20,4 m e 22,3 m e DAP médio de 19,8 cm, 27,2 cm e 33,1 cm, respectivamente.

Segundo Trianoski (2012) avaliando a qualidade da madeira de oito espécies obteve para o *Pinus taeda*, DAP médio de 33,5 cm e altura média de 17,7 m.

Em termos de utilização, a madeira desta espécie apresenta uma combinação de propriedades, que permite a sua aplicação em uma ampla gama de produtos, sendo utilizado em construções mais leves, laminados, celulose kraft e papel de imprensa, painéis compensados, (USDA,1985), móveis e caixotaria (MARCHIORI, 1996).

### 3.4 História e importância da madeira no desenvolvimento de Santa Catarina

O gênero *Pinus* constitui umas das mais importantes introduções florestais no Brasil. Os primeiros estudos com este gênero já mostravam excelentes índices de desenvolvimento nos solos brasileiros. Apesar de várias espécies terem sido plantadas, são duas que possuem maior destaque o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda*. Os estados do sul do país são os que possuem maior relevância na produção destas espécies.

Os estados brasileiros com as maiores áreas de plantio de *Pinus spp.* são Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais, a dominância destes estados no cultivo do *Pinus* é tão grande que apenas estes cinco estados detêm mais de 98% das áreas cobertas com este gênero no país (IBA, 2015).

Deles, o estado de Santa Catarina é um dos maiores destaques, não apenas por ter a segunda maior área reflorestada de *Pinus* no país (IBA, 2015), mas por sua área corresponder a mais de 5% da área total do estado, valor equivalente a 539.377ha, comparativamente, a maior área reflorestada com o gênero pertence ao estado do Paraná, que possui 619.731ha, área que corresponde a pouca mais de 3% da área do estado.

O estado de Santa Catarina teve uma produção de 167.000 m<sup>3</sup> (IBGE, 2013) de madeira, já no ano de 2014 a área plantada com árvores no estado foi de 661.000 ha, sendo que 82 % são da madeira de *Pinus spp.* (IBÁ, 2015), estes

dados mostram a importância que o gênero possui para o estado, pois fornece subsídio para as indústrias manterem suas altas produções.

Contudo a consolidação do gênero *Pinus* no país não ocorreu de maneira simples e tão pouco rápida. FREITAS (2005) aponta que a afirmação do gênero foi fruto do trabalho de muitos profissionais, instituições, universidades e empresas que se empenharam no desenvolvimento de estudos de campo. Houve resistência de vários níveis e até os dias de hoje é preciso que se destaque a importância que as florestas plantadas possuem como alternativa para as nativas. Este fato pode ser confirmado pelos registros históricos existentes, sendo que a maior motivação no desenvolvimento desta nova cultura, se deu principalmente pela drástica redução nas florestas de araucária no sul do país, região de grande expressão em qualidade de madeira produzida.

A história da madeira no território hoje compreendido como Santa Catarina remonta à passagem de viajantes europeus pela costa catarinense, no século XVI, quando franceses, ingleses e espanhóis aqui pararam para reparar ou construir embarcações. Para tal, foram usadas as madeiras providencialmente encontradas nas florestas de mata atlântica (SILVEIRA, 2010).

Na história econômica de Santa Catarina, às madeiras coube, sempre, relevante posição, prioridade de que nenhum outro produto, natural ou manufaturado, logrou avizinhar-se muito. Desde 1500 que as nossas madeiras correm sobre todos os mares, ou se endereçam a quase todas as terras (BOITEUX, 1942).

Os relatos mais antigos referentes ao estabelecimento de serrarias comerciais na região de Lages remetem para o ano de 1885. Naquela época, o Almanak Laemmert, menciona que existiam, na região de Lages, dois “engenhos de serrar madeira” (SILVEIRA, 2005. Apud Costa 1982 p.911).

A indústria madeireira do sul do Brasil, por muitos anos, teve seu suprimento baseado em madeiras oriundas de florestas nativas, dentre elas, a *Araucaria angustifolia*. A alta qualidade dessa madeira e os grandes volumes disponibilizados, fizeram da araucária um grande agente de desenvolvimento econômico para algumas regiões, dentre elas, a serra catarinense (HOFF; SIMIONI, 2005).

Citado por Klein (1979) a araucária estava distribuída na região em agrupamentos densos, que concentravam-se na parte leste e central do planalto meridional do Brasil, passando pelo Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Até 1940 os pequenos madeireiros serraram pinheiros próprios, portanto até essa data não havia o grande comércio de compra e venda de pinheiros que se praticou com o aumento da produção em decorrência do estabelecimento de um número crescente de serrarias a partir de 1940.

A araucária era vista como um elemento não-desejado nos campos e os produtores rurais buscavam exterminar este tipo de árvores, visando ampliar os espaços cultiváveis com milho e feijão (COSTA, 1982).

Para aumentar a área de campo os fazendeiros vendiam seus pinheirais, o que resultou em um casamento de conveniência. Madeireiros e pecuaristas se fortaleceram economicamente o que causou reflexos quantitativos em toda a economia serrana no ciclo da madeira de araucária (pinho). (SILVEIRA, 2005).

Em 1955, Santa Catarina possuía 12 % da área total de floresta de araucária (135.000 ha), o que correspondia um total de 27 milhões de árvores com diâmetro superior a 40 cm. (HOFF e SIMIONI, 2005).

A década de 60 foi um período áureo para a economia serrana. “Lages chegou a responder por 12% do ICM arrecadado no estado” (FILHO, 2002), sendo com isso a maior produtora de madeira de Santa Catarina e uma das maiores produtoras do país (HOFF e SIMIONI, 2005).

Não há dúvidas de que houveram leis que tentaram frear a derrubada das florestas nativas catarinenses, por exemplo as leis 997 de 1914 e a lei 1.629 de 1928, contudo, devido a fiscalização inadequada e insuficiente não se alcançou os resultados esperados, mas houve sempre por parte das empresas que exploravam a madeira a preocupação de administrar de maneira sustentável a floresta e os recursos obtidos a partir dela.

A criação do Instituto Nacional do Pinho (INP) em 1941, contava com um avançado texto legislativo para disciplinar a exploração florestal, o que contribuiu muito para o melhor controle da exploração da *Araucaria angustifolia*, alguns anos depois a instituição realizou na cidade do Rio de Janeiro a 1ª Reunião Brasileira de Florestas e Produtos Florestais, na oportunidade houve a reunião de representantes do todo o país, onde pela primeira vez técnicos de todo o Brasil se reuniram para estudar o uso racional das florestas brasileiras e as

medidas necessárias a manter os maciços florestais, dentre eles os vastos campos com araucária na serra catarinense. Mesmo havendo avanços nas discussões sobre a preservação e conservação da floresta de araucária, as conclusões da reunião em síntese exaltavam os objetivos do INP, que como já foi citado, teve sua criação em 1941, pelo decreto-lei nº 3.124.

Contudo, após o período citado como ciclo da madeira, ou mais corretamente o ciclo da araucária, o estado de Santa Catarina, e principalmente na região serrana, houve a decadência do setor produtivo e comercial de madeiras de araucária, este fato se deu principalmente pela escassez e pelo aumento na rigorosidade das leis que controlavam o corte desta espécie. Houve outros fatores que acarretaram neste declínio, como afirmaram Hoff e Simioni (2005), “é importante ressaltar que o não-investimento na diversificação da produção e na agregação de valor ao produto oriundo da indústria da madeira contribuíram sobremaneira para o colapso do setor”, esta citação, reforça a imagem que o madeireiro da época não tinha muito esclarecimento sobre o fato de o quanto era importante agregar valor ao produto produzido, preservar e reflorestar a região.

Em síntese, a década de 60 marcou o fim da euforia do extrativismo madeireiro, as antes vastas e ditas como intermináveis reservas de araucária já não conseguiam suprir a grande demanda que existia, pois as mesmas davam sinais claros do fim deste ciclo, porém era necessário assegurar de outra maneira o futuro do setor e da região serrana, como significativos pontos de exploração de madeira, foi então que no ano de 1965 que o governo militar, por intermédio do Ministério do Meio Ambiente cria a lei de incentivos fiscais, contudo ainda haviam alguns pontos à serem esclarecidos, ficou então a cargo do general Sylvio Pinto da Luz, o qual se propôs a pessoalmente certificar que os incentivos fiscais dados as empresas estavam sendo aplicados “à risca da lei”. (texto adaptado de SILVEIRA, 2005).

A preocupação com a exaustão das florestas nativas, atingiu em cheio as empresas que exploravam esse ramo, porém antes mesmo de ocorrer a exaustão de recursos naturais, houve por parte de algumas instituições a iniciativa de buscar uma alternativa para as madeiras nativas. Em 1948 o Serviço Florestal do Estado de São Paulo recebeu por meio da “secção de introdução de



essências” as primeiras mudas de *Pinus elliottii*, registradas como *Pinus caribaea Morelet* (SILVEIRA, 2010).

Citado por Arno Langué, no jornal Correio Lageano de 23 de setembro de 1944, demonstra que a preocupação com as derrubadas das araucárias já era motivo de preocupação a muitos anos, em trecho retirado de um texto produzido por ele, é comentado.

*‘Os homens não querem compreender que toda vida depende da vegetação e que cortar árvores é cortar a corda de que estamos suspensos. Mas é de esperar dentro em pouco virá um tempo em que todos compreenderão que é preciso respeitar a árvore por amor a vida universal e da nossa própria vida, e não só respeitá-la, mas promover por todas as formas o seu plantio, como um dos atos beneméritos que nos é dado praticar (...)*

Assim podemos citar que este novo gênero, vinha com o objetivo de suprir a necessidade das empresas que buscavam uma matéria prima adequada as situações e índices de produção e também para preservar as espécies nativas.

O Serviço Florestal de São Paulo iniciou os estudos sobre o comportamento dessa nova essência em hortos no interior paulista, nestes plantios foi possível analisar práticas de desbaste, poda, dendrometria, resinagem, produção de sementes e além claro do desdobro das árvores.

Com a redução da oferta de madeira nativa foi necessário suprir o mercado de madeira produzida em plantios florestais. Estes começaram a se expandir rapidamente a partir da década de 60. Para tanto, foram introduzidas várias espécies, entre as quais, destacaram-se na região sul *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* por apresentarem rápido crescimento e madeira de características aceitas pelo mercado consumidor (JANKOVSKI, 1996).

As características exigidas para suprimento desta matéria-prima, nos diferentes segmentos setoriais de demanda, são plenamente atendidas pelas diferentes espécies introduzidas, aliadas a adequadas práticas silviculturais. Constituem alternativa na falta da *Araucaria angustifolia* ou “Pinho do Paraná” considerada “uma das melhores madeiras do mundo”, submetida a uma exploração intensiva e abusiva (KRONKA et al.; 2005).

Segundo Szücs e Bohn (2002), datam justamente de 1960 as primeiras medidas reais que visavam recuperar os danos causados pela exploração

extrativista da madeira nos estados do sul. Estas medidas se traduziram no apoio, a partir de incentivos fiscais para reflorestamentos de espécies como pinus e eucalipto, as quais originalmente seriam destinadas à indústria de papel e celulose.

O interesse das papelarias na região de Lages está correlacionado à alta produtividade que as espécies de rápido crescimento apresentaram neste local. A região apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento das florestas de pinus, sendo possível efetuar o primeiro desbaste da madeira com 7-8 anos de plantio. Com 20 anos de idade é possível fazer a extração total da floresta. (HOFF e SIMIONI, 2005).

A madeira de 'Pinus' constitui importante fonte de matéria-prima na fabricação de diferentes produtos, cuja utilização pela indústria moveleira e pela construção civil vem crescendo a cada ano. As vantagens são inúmeras, destacando-se aquele referente ao melhor aproveitamento da madeira na conversão de toras. Com as melhorias de suas propriedades, constituindo um produto homogêneo e de maior confiabilidade, permite a produção de painéis de grande dimensão, dependendo do tamanho das prensas e não da dimensão das árvores (KRONKA, 2005).

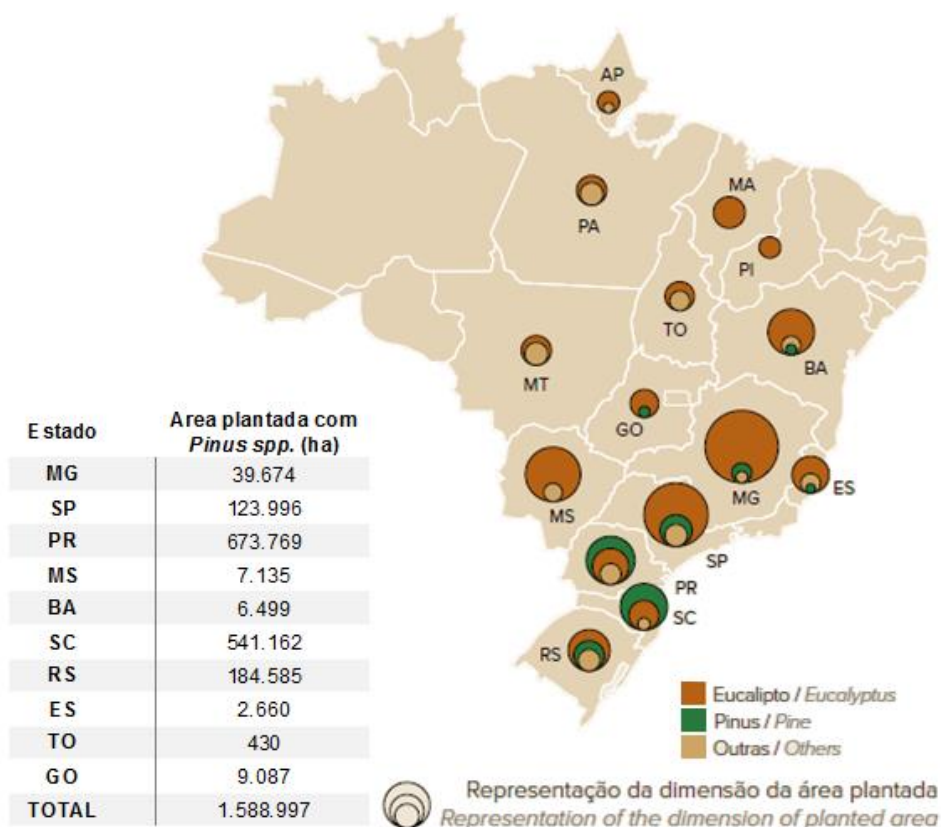
Com a recessão da extração de madeiras nativas na década de 60, as extensas áreas devastadas pela exploração desenfreada eram substituídas por plantios de pinus e eucalipto, isto para abastecer empresas de papel e celulose que podiam se instalar na região. Outro ponto muito relevante foi de que com a exaustão das florestas nativas da serra catarinense e a abertura de novas fronteiras agrícolas, muitas empresas migraram para a região norte do país, porém algumas indústrias familiares permaneceram na região, onde em toda a década de 80 suas produções não eram tão significativas quanto nos áureos tempos, até que se iniciou o segundo ciclo da madeira.

As mudanças do tipo de matéria-prima, passando da madeira nativa para a madeira oriunda de florestas plantadas e manejadas; o incremento de novas tecnologias e até mesmo as pressões ambientais para que se produzam florestas de manejo sustentável, fizeram com que a indústria madeireira passasse por profundas transformações nos processos produtivos e administrativos, necessários e fundamentais para sua sobrevivência no mercado.

Já faz mais de 10 anos que as indústrias beneficiadoras alteraram seus processos aumentando em cerca de 60% o *mix* de produtos oferecidos por elas ao mercado consumidor, contudo, apesar desse aumento extremamente significativo, boa parte dele ocorreu devido as exigências impostas pelos clientes e pelas expansões orientadas pelo mercado (texto adaptado de Hoff e Simioni, 2005).

Houve ainda um outro fator que contribuiu para o desenvolvimento das inovações que foi o aprendizado que surgiu devido as interações com fornecedores e, principalmente, as instituições de ensino. Dados apresentados por Hoff e Simioni (2005), apontam que metade das empresas tem atividades relacionadas com universidades e que em 60% dos casos esta ligação empresa-universidade é avaliada de maneira positiva, por ambos os lados.

Os fatos citados pelo autor mostram a importância que todo o setor produtivo envolvido pelas espécies de *Pinus*, empresas plantadoras, beneficiadoras, laminadoras, entre outros tantos empreendimentos, tiveram sobre o desenvolvimento econômico e até mesmo social do estado de Santa Catarina.

FIGURA 2 – Distribuição das florestas plantadas de *Pinus* no Brasil.

Fonte: IBA (2015).

Considerando as florestas de *Pinus*, as espécies que mais se destacam são o *P. elliottii* e o *P. taeda*, devido a facilidade de tratamentos silviculturais, rápido crescimento e reprodução intensa (SHIMIZU, 2005).

### 3.5 Propriedades físicas e mecânicas

O estudo das características da madeira é essencial para seu uso eficiente (BENDSTEN, 1978), onde tanto as propriedades físicas como as mecânicas podem fornecer informações valiosas para a sua industrialização (KOLLMANN, 1959).

A importância das propriedades físicas da madeira está relacionada às mais diversas utilizações, tanto nas que requerem resistência mecânica e estabilidade dimensional, quanto nas aplicações que envolvem processamento mecânico, tratamentos de preservação, acabamentos, rendimento de celulose, capacidade energética, entre outros (TRIANOSKI, 2012).

Entre as propriedades físicas, a que se destaca como de fundamental importância para a produção tecnológica é a massa específica, a qual na maioria das vezes está correlacionada com outras propriedades (GONÇALVEZ *et al.* 2009), e indica o potencial de utilização da madeira (HANS, 1974).

Por outro lado, as propriedades de contração e inchamento são também de elevada importância, principalmente quando se utiliza a madeira em produtos sólidos. Estas propriedades afetam diretamente a estabilidade dimensional e podem inviabilizar a geração de determinados produtos, como pisos, esquadrias, móveis, portas e outros produtos de maior valor agregado (REMADE, 2001).

O conhecimento preciso das propriedades mecânicas para sua adequada utilização é fundamental, pois além de proporcionar informações sobre sua industrialização, fornece parte dos subsídios necessários para que se possa utilizar este recurso com economia e segurança (LUCAS FILHO, 1997).

De acordo com Panshin e De Zeeuw (1980) as propriedades mecânicas da madeira estão associadas às características de elasticidade e resistência, e podem ser definidas a partir do seu comportamento quando uma força externa é aplicada, onde este comportamento varia de acordo com o tipo de força que é exercida na madeira e em que sentido que é aplicada.

O módulo de elasticidade é uma propriedade intrínseca do material e depende tanto da rigidez das ligações atômicas como da densidade das ligações (FERRANTE, 2002), o qual pode ser obtido tanto a partir do ensaio de flexão estática como a partir dos ensaios de tração e compressão (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968; BODIG, JAYNE, 1993).

Já a resistência de um material, é a capacidade de uma determinada estrutura resistir cargas (GERE, 2003), e está associada a composição do material (FERRANTE, 2002). É também definida como o esforço máximo que ocorre antes da ruptura (PARKER, 1963; MATOS, 1997; TRIANOSKI, 2012).

Em relação à resistência do material madeira, ensaios com amostras provenientes de uma mesma espécie com mesmas dimensões, e nas mesmas condições físicas de climatização, podem resultar numa variação significativa nos valores de resistência. Esta variabilidade nos resultados é explicada pelas diferentes composições químicas e pela ocorrência de elementos anatômicos em diversos tamanhos e proporções, e nos mais variados arranjos estruturais

(BRITO; BARRICHELO, 1979; PANSIN; DE ZEEUW, 1980; TSOUMIS, 1991; BOWYER; SHMULSKY; HAYGREEN, 2003; TRIANOSKI, 2012).

Considerando a estabilidade dimensional, a madeira de *P. taeda* apresenta contração moderada, onde a tangencial é de aproximadamente 5,9 % a 6,2 %, e a radial de 3,5 % a 4,4 %, porém, apresenta-se de boa estabilidade quando o processo de secagem é bem conduzido (USDA, 1985). Outros estudos obtiveram os seguintes resultados: de contração tangencial, radial, volumétrica e anisotropia de contração de: 6,9 %, 5,2 %, 12,2 % (KEINERT JUNIOR et al., 1992); 6,8 %, 3,6 %, 10,4 % e 2 (CHIES, 2005).

A respeito das propriedades mecânicas, a espécie apresenta no ensaio de flexão estática módulo de ruptura de 107,02 MPa e módulo de elasticidade de 13.812 MPa a partir de árvores com 37 anos (BALLARIN; LARA PALMA, 2003). Melchiorretto e Eleotério (2003) obtiveram para plantios de 25 anos módulo de ruptura de 49,0 MPa e módulo de elasticidade de 6.330 MPa em ensaio de flexão estática, já para os ensaios de compressão os autores apresentaram o valor de 26,74 MPa. Oliveira et al. (2006) obtiveram valores entre 24,11 MPa e 36,03 MPa para os ensaios de compressão e 24,80 MPa e 6.967,20 MPa para o módulo de ruptura e módulo de elasticidade, respectivamente.

### 3.6 Propriedades químicas

Por exercer grande influência sobre as propriedades tecnológicas da madeira, atribui-se a composição química elevado nível de importância no estudo deste material.

A madeira por ser um material heterogêneo é constituída por carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e pequenas quantidades de enxofre, isto do ponto de vista da química elementar. Trianoski (2012) cita que em relação aos componentes macromoleculares, a madeira é constituída por um complexo químico de celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e minerais. Estes elementos refletem diretamente nas propriedades físicas e mecânicas da madeira.

A elevada complexidade química da madeira assim como sua distribuição desuniforme é resultado da estrutura anatômica (BROWING, 1963).

Sob o aspecto da composição química elementar, os principais componentes são o carbono (49%-50%), o oxigênio (44%-45%), hidrogênio (6%), pequenas quantidades de nitrogênio (0,1%-1%) e uma diversidade de materiais inorgânicos (0,1%-1%) (TSOUMIS, 1991).

A divisão destes elementos pode ser efetuada em substâncias de baixo peso molecular e substâncias macromoleculares, ou ainda em componentes fundamentais e componentes acidentais.

Os componentes fundamentais caracterizam a madeira, pois são parte integrante das paredes das fibras e traqueoides e da lamela média (SILVA, 2002; SEVERO; CALONEGO; SANSÍGOLO, 2006) e eles são celulose, polioses (hemicelulose) e lignina.

A lignina, é uma substância amorfa localizada na lamela média composta, bem como na parede secundária, interpenetrando nas fibrilas e enrijecendo as paredes celulares. (PHILLIP; D'ALMEIDA, 1988; FENGEL; WEGENER, 1989).

Os componentes acidentais, extrativos e materiais inorgânicos, são substâncias que não fazem parte da parede celular ou da lamela média.

Os extrativos podem ser ácidos graxos, ceras, compostos fenólicos e alifáticos, terpenos, entre outros. Nas espécies do gênero *Pinus*, a literatura indica a ocorrência de vários ácidos graxos e ceras, Phillip e D'Almeida (1988) complementam ainda, que nos extrativos de coníferas se encontram também vários componentes fenólicos, dos quais alguns são resíduos e subprodutos da biossíntese da lignina. Neste grupo produtor de madeira, os extrativos se localizam principalmente nos canais de resina, nas células de parênquima e no cerne, embora também estejam presentes nas cavidades celulares, principalmente os solúveis em água (SJÖSTRÖM, 1981).

Os materiais inorgânicos são componentes minerais da madeira com percentual normalmente baixo, formado, principalmente, por óxidos como: óxido de cálcio, de magnésio, de fósforo, de silício, de potássio e outros (BROWING, 1963; TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996).

Sobre a composição química, Klock (2000) apresentou valores extrativos totais de 3 %, teor de lignina de 28,7 %, teor de holocelulose de 68 % e materiais inorgânicos de 0,17 %. Já Trianoski (2010) obteve teor de extrativos totais de 7,4

%, teor de lignina de 29,3 %, teor de holocelulose de 63 % e materiais inorgânicos de 0,30%.

### 3.7 Propriedades anatômicas

A madeira do *Pinus taeda* apresenta cerne e alburno indistintos, coloração amarela clara, cheiro indistinto, grã direita, brilho moderado, textura média a grossa, anéis de crescimento distintos onde o lenho inicial e o lenho tardio são bem demarcados com transição abrupta entre as células (TRIANOSKI, 2012), no trabalho não foi observada a presença de falsos anéis, assim como ocorrência de madeira de compressão e o crescimento foi concêntrico.

As espécies apresentam grande variabilidade na sua estrutura interna e conseqüentemente nas propriedades da madeira. Esta variabilidade se deve as diferenças estruturais que ocorrem desde a ultra estrutura da parede celular até as condições geográficas de crescimento (COWN, 1980).

As diversidades estruturais dos elementos anatômicos da madeira refletem nas propriedades físicas, químicas e mecânicas, tais como, permeabilidade, comportamento quanto a capilaridade, condutividade térmica e difusão da água de impregnação (SIAU, 1984), contração e inchamento e propriedades de resistência (BURGER; RICHTER, 1991).

Os traqueoides, estruturas de sustentação, são células que formam os anéis de crescimento e são claramente delineados por faixas distintas de lenho inicial (células de parede fina) e lenho tardio (células de parede espessa), produzidos a cada ano. Estas faixas podem variar de menos de 0,25 cm a mais de 1,50 cm em largura (NISGOSKI, 2005).

### 3.8 Madeira de reação

As árvores, durante o seu desenvolvimento, apresentam um crescimento vertical – em altura, e horizontal – em diâmetro, porém, se o ambiente é perturbado por forças mecânicas externas, tais como ventos fortes, crescimento geotrópico, terreno declivoso e seu próprio peso, a árvore tende a apresentar como resposta à estas forças o desenvolvimento da madeira de reação (BAMBER, 2001).



Diante das forças externas e das tensões causadas nas árvores, o câmbio responde à distribuição destas tensões de forma assimétrica na região inclinada do fuste e com formação acelerada das células (BAMBER, 2001). Ainda segundo Bamber (2001), no caso das coníferas, isto ocorre no lado abaixo do inclinamento do fuste.

A madeira de reação é um tecido formado tanto por efeitos genotípicos como por estímulos mecânicos; essa formação ocorre, também, pela ação da gravidade, como em situações de inclinação das árvores. Essa madeira é formada por alterações do estado fisiológico do cambium, que, provavelmente, é influenciado por diferentes concentrações de substâncias de crescimento (GROSSER, 1980).

Sobre os dois gêneros mais plantadas e utilizadas pela indústria do setor madeireiro, o *Eucalyptus* e o *Pinus*, é para a primeira em que as tensões são mais evidentes, isto por características inerentes a espécie, prova disso são os inúmeros estudos realizados com a espécie e também pelos investimentos realizados pelo setor para minimizar estas tensões. Contudo, a ocorrência da compressão na madeira de *Pinus* não é um fato desconhecido, sua ocorrência se dá por diversos fatores, ventos, competição entre árvores vizinhas e principalmente em indivíduos plantados em terrenos declivosos, este último, é a causa mais conhecida para a ocorrência da madeira de compressão neste gênero.

### 3.9 Lenho anormal de compressão (LAC)

A madeira anormal de compressão - LAC em *Pinus taeda* foi mencionada na literatura pela primeira vez no início de 1980 (MALAN E KASSIER, 2002), na África do Sul. Desde então, vários projetos de investigação e levantamentos têm sido realizados, a fim de desenvolver uma melhor compreensão do problema e tentar encontrar uma solução.

Atualmente, é a espécie mais cultivada e consumida nos estados de Paraná e Santa Catarina, dos quais uma razoável proporção está sendo relatada com sintomas da ocorrência de madeira anormal compressão em diferentes graus.

*Pinus taeda* foi introduzido pela primeira vez na África do Sul durante a última década do século 19 e foi amplamente plantada a partir de 1930 (POYNTON, 1979). Logo se tornou uma das espécies mais plantadas devido à sua excelente capacidade de resposta ao melhoramento genético na taxa de crescimento, forma do fuste e características de ramificação. Nas áreas onde é plantada a espécie produz madeira de excelente qualidade.

A África do Sul sempre foi reconhecida por possuir uma produção madeireira de alta qualidade e de expressivos números de produção, contudo no início dos anos 1980, problemas associados a uma estranha forma de madeira de compressão, onde toras de segundo desbaste ao serem desdobradas travavam as serras Timbadola foram relatados (DROOMER, 1982).

Malan e Kassier (2002) em um estudo na África do Sul sobre a ocorrência deste fenômeno em *Pinus taeda* citam que a madeira anormal de compressão é caracterizada por uma grande variabilidade, de forma e incidência, provavelmente devido a efeitos combinados de genética, silvicultura, práticas de manejo e local do crescimento.

A madeira anormal de compressão em *Pinus taeda* é atualmente um dos mais graves problemas que afetam a espécie, pois há uma tendência de enfraquecimento da peça sob carga prolongada e também há uma tendência de delaminação entre o cerne e o alburno, estes refletem sobre o processamento e qualidade e preço do produto final (MALAN E KASSIER, 2002 – adaptado).

A madeira de reação é uma modificação da estrutura celular normal em plantas lenhosas, que pode variar de uma condição complexa a uma mudança pouco percebida nas características das células. A natureza e a aparência da madeira de compressão são similares em todas as espécies de coníferas. Por outro lado, a madeira de tração é menos uniforme em aparência e varia principalmente em sua natureza, entre espécies e gêneros, sendo que poucos gêneros de folhosas como *Drimys*, *Buxus* e *Cotinus*, produzem lenho de reação semelhante, em localização e aparência, as madeiras de compressão (PANSWIN & DE ZEEUW, 1980).

Os povoamentos em Santa Catarina que estão apresentando esta madeira de reação não estão e não foram submetidos a nenhum dos fatores citados. Sua ocorrência se dá em locais classificados como planos e de classificação de sítio de boa qualidade, devido a estes fatores a nomenclatura

da madeira com estas características será denominada neste trabalho como “madeira com lenho anormal de reação” de forma a melhor descrever estas características anormais observadas na madeira de *Pinus taeda*.

A madeira anormal de compressão é facilmente reconhecida na árvore recém cortada, pois os anéis de crescimento se apresentam de cor mais escura que o tradicional, tendendo a um castanho-avermelhado, em casos extremos as estruturas dos anéis de crescimento não são possíveis de serem distinguidas uma das outras.

Existem diferenças marcantes nas características comportamentais entre a madeira normal e anormal de compressão. A madeira de compressão anormal, que está sob compressão no interior do fuste da árvore, tende a expandir longitudinalmente no momento em que a árvore é cortada em toras, exercendo uma tensão de tração em todas as partes dentro do fuste em que a madeira é normal, especialmente no núcleo central. Embora isso normalmente não tenha efeito perceptível sobre a qualidade da madeira, em casos graves, as forças de corte geradas pelo movimento oposto dos diferentes tipos de tecidos podem ser altas o suficiente para resultar na formação de falhas de corte, geralmente na forma de um ou mais anéis na zona de transição entre a madeira normal e anormal de compressão (MALAN e KASSIER, 2002).

A diferença de movimento entre os dois tipos de tecidos é, de fato, causada por uma expansão axial na zona de duas madeiras anormais de compressão. Durante o corte da motosserra, a expansão da zona de madeira de compressão exerce uma pressão adicional sobre a corrente, tornando possível para operadores de motosserra notar a presença dessa anormalidade na árvore durante o abate. Contudo esta percepção é muito subjetiva e requer uma experiência por parte do operador de motosserra.

A madeira anormal de compressão parece ser relativamente uniforme devido à pouca distinção entre os lenhos juvenil e adulto. As tábuas serradas contendo grandes quantidades de madeira anormal de compressão tendem a ser mais frágeis e, conseqüentemente, têm uma resistência à flexão e ao impacto inferiores a madeira livre deste problema.

Esta madeira é frequentemente classificada pelas indústrias moveleiras, como uma matéria prima "dura". Problemas que ocorrem durante a usinagem de madeira, que contém o lenho anormal de compressão são, provavelmente, o

resultado do aumento da fricção causada pela distorção das peças durante a operação de corte, e não por diferenças de densidade entre o tecido normal e anormal madeira (MALAN, 2001b).

O estudo sobre os efeitos deste material sobre a estabilidade dimensional da madeira é de fundamental importância para a melhor utilização dos indivíduos que estão apresentando esta condição, visando evitar perdas, otimizar sistemas de produção e aumentar o rendimento.

A madeira anormal de compressão se diferencia da madeira normal de reação principalmente pelo seu local de ocorrência. A madeira de reação ocorre quando o indivíduo está se desenvolvendo em terrenos declivosos e sua incidência diminui conforme o terreno fica plano, por sua vez a madeira anormal de compressão ocorre em terrenos classificados como planos e levemente ondulados, registros feitos por Van Der Sijde (1985) em plantios da África do Sul indicaram um percentual de ocorrência em até 45% das árvores por talhão. Outro aspecto extremamente importante a se relatar é de que a ocorrência do lenho anormal de compressão ocorre em todos os níveis de índice de sítio e, até o momento, só foi registrada em indivíduos de procedência África do Sul.

### 3.10 Práticas Silviculturais

A influência que os tratamentos silviculturais exercem sobre a qualidade da madeira foi amplamente estudada, pesquisadores como Smith (1968), Rudman e Mckinnel (1970), Nicholls (1971), Cown (1974), Ohta (1981) e Chies (2005), são apenas alguns que podem ser citados. Entre os fatores estudados encontram-se a poda, desbaste, adubação e espaçamento. Contudo existe um consenso geral de que as práticas silviculturais são, na verdade, investimentos realizados nos plantios, pois podem afetar a qualidade da madeira.

O manejo de povoamentos baseou-se em sistemas silviculturais de alto fuste para as espécies do gênero *Pinus*. Tal sistema predominou até o final da década de 80, quando ocorreram mudanças conjunturais e estruturais no setor madeireiro: globalização da economia, mecanização e terceirização das atividades silviculturais, o uso múltiplo das florestas, novas tecnologias, conceito de sustentabilidade de produção e a certificação de produtos florestais (STAPE, 1996).

### 3.10.1 Poda

Poda é definido como o ato de cortar os ramos da árvore em pé (Encontro Nacional de Pesquisadores para Padronização da Terminologia Florestal, 1976).

Hawley e Smith (1972) definem desrama como sendo a eliminação dos galhos por fatores físicos ou bióticos.

São encontradas na literatura três palavras que definem esta prática, desrama, derrama e poda. A mais comumente utilizada para definir a prática de retirada dos galhos mecanicamente é a poda, os dois primeiros termos são mais empregados em processos naturais, nos quais a planta elimina seus galhos.

A poda consiste na eliminação dos ramos até uma determinada altura com o objetivo de promover a formação de madeira sem nós (KRONKA et al., 2005).

Segundo Kronka et al. (2005) dois tipos de poda podem ser considerados, a poda silvicultural que objetiva a melhoria da qualidade da madeira e a poda de proteção que visa a proteção contra incêndios.

Segundo Castelo (2007) em árvores jovens, a poda tende a acelerar a transição da madeira juvenil para a adulta na formação dos anéis de crescimento abaixo da base da nova copa.

Em muitos pontos as respostas de crescimento devidas à poda são opostas aquelas causadas pelo desbaste. Porém, da mesma maneira que no desbaste, os efeitos causados são de vida curta. Dependendo da quantidade de galhos vivos removida, o quadro de crescimento retorna as condições normais em questão de poucos anos (LARSON et al., 2001).

Contudo, a realização de poda nas árvores nem sempre foi vista como uma agregação de valor ao povoamento, como citado por Nogueira (1978). Muitas vezes a poda é criticada como sendo prejudicial as árvores, entretanto, essa crítica é válida somente quando a poda é executada de maneira inadequada ou quando essa operação é mal executada, as árvores podem sofrer muitos danos mecânicos.

A poda deve ser bem executada e de preferência no inverno, pois nesta época do ano é mais difícil de ferir o tronco, já que o câmbio não está ativo. (HAWLEY e SMITH, 1972).

Shultz (1986) cita que a poda de galhos de crescimento vigoroso, acelera a transição da madeira juvenil à adulta abaixo do ponto de poda, podendo incrementar a massa específica em cerca de 5% nesta porção do tronco.

Segundo Shilling et al. (1998), estudando a influência de diferentes intensidades de poda sobre a percentagem de lenho tardio e quantidade de nós na madeira de primeiro desbaste de *Pinus elliottii*, em povoamentos de 10 anos, não encontraram significância da desrama sobre aquelas características.

A poda sendo uma prática reconhecida como um agregador de valor ao povoamento, na empresa em que o estudo foi realizado são feitas três podas durante o ciclo, a primeira poda é realizada em 100% das árvores do talhão, até uma altura de 3,5 a 4,0 metros de altura, a segunda é realizada em 56% das árvores, até uma altura de 6,0 a 7,0 metros de altura e a última poda é executada em 34% das árvores do talhão até uma altura de 9,0 a 10,0 metros. Dado as modificações causadas no crescimento das plantas e reações internas no desenvolvimento do lenho geradas pelo corte dos ramos, umas das hipóteses levantadas neste estudo é que este possa ser um fator que poderia originar a ocorrência do LAC.

### 3.10.2 Desbaste

O desbaste é o corte de árvores do povoamento visando acelerar e orientar o incremento aos melhores indivíduos, elevar a qualidade fenotípica e até mesmo para manter a sanidade do povoamento.

É uma operação silvicultural que constitui um investimento, melhorando a qualidade da floresta considerando-se que as árvores remanescentes são as melhores. Portanto, especial enfoque deve ser dado ao espaçamento inicial, em que um dos principais objetivos é estabelecer condições suficientes para as sucessivas seleções que deverão ser efetuadas (KRONKA et al., 2005).

O efeito do desbaste na qualidade da madeira é variável. Depende do estoque inicial, da idade das árvores, sítio e muitas outras condições de crescimento (CASTELO, 2007).

O desbaste é uma prática silvicultural executada com o objetivo de remover as árvores de menor qualidade em fuste, forma, crescimento dando condições para que as demais árvores se desenvolvam, pois à medida que o povoamento cresce, o desbaste promove uma escolha dos melhores indivíduos mediante o espaçamento que é disponibilizado às árvores.

Larson et al. (2001) salienta que desbaste mais pesados ou frequentes nos plantios jovens promovem o crescimento de galhos baixos, atrasam a desrama natural, aumentam a proporção de lenho inicial do anel de crescimento, aumentam a tendência de formação de lenho de reação, assim como, outras características das madeiras de rápido crescimento.

Um dos pontos mais importantes que podemos citar sobre a prática de desbaste nos plantios é de que haverá respostas benéficas, do ponto de vista da qualidade da madeira produzida, contudo, isso acontece ao custo do crescimento volumétrico individual das árvores do plantio.

De acordo com Fujiwara e Yang (2000), desbastes severos estão relacionados com a redução da massa específica e comprimento das fibras, além de um possível aumento do lenho de compressão.

Neste contexto, presume-se que uma das possíveis causas para o surgimento do LAC é que com os desbastes da empresa, sistemático na 6ª linha e seletivo, a abertura de espaço para crescimento da copa das árvores lateralmente poderia ser umas das causas que levaria a ocorrência do LAC. Nestas condições, a remoção de competição para crescimento das árvores remanescentes poderia propiciar o desenvolvimento acentuado da copa na direção do espaço aberto, o que afetaria o desenvolvimento do lenho de forma pronunciada nesta direção.

### 3.10.3 Espaçamento

O espaçamento é a distribuição dos indivíduos no terreno. Ele delimita o espaço que cada árvore terá para o desenvolvimento.

A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo (CHIES, 2005).

No manejo do plantio a densidade é determinada pelo estoque inicial e, posteriormente, pela frequência e intensidade dos desbastes. A densidade final do plantio é uma decisão da área de manejo com importantes consequências sobre a qualidade do produto final (LARSON et al., 2001).

Povoamentos muito densos tendem naturalmente a apresentar árvores de diâmetro menor se comparadas com árvores de povoamentos pouco densos onde a concorrência por espaço é menor e o crescimento em diâmetro é mais acentuado (CARDOSO, 1989).

Segundo Scolforo (1997), com relação à quantidade de madeira, o espaçamento influi nos seguintes aspectos: tamanho dos nós, retidão do tronco, conicidade e massa específica básica. O tamanho e quantidade de nós na madeira serrada dependem de sua posição na tora e das características da tora que, por sua vez, dependem de fatores genético, do espaçamento do plantio e do manejo a que foi submetido.

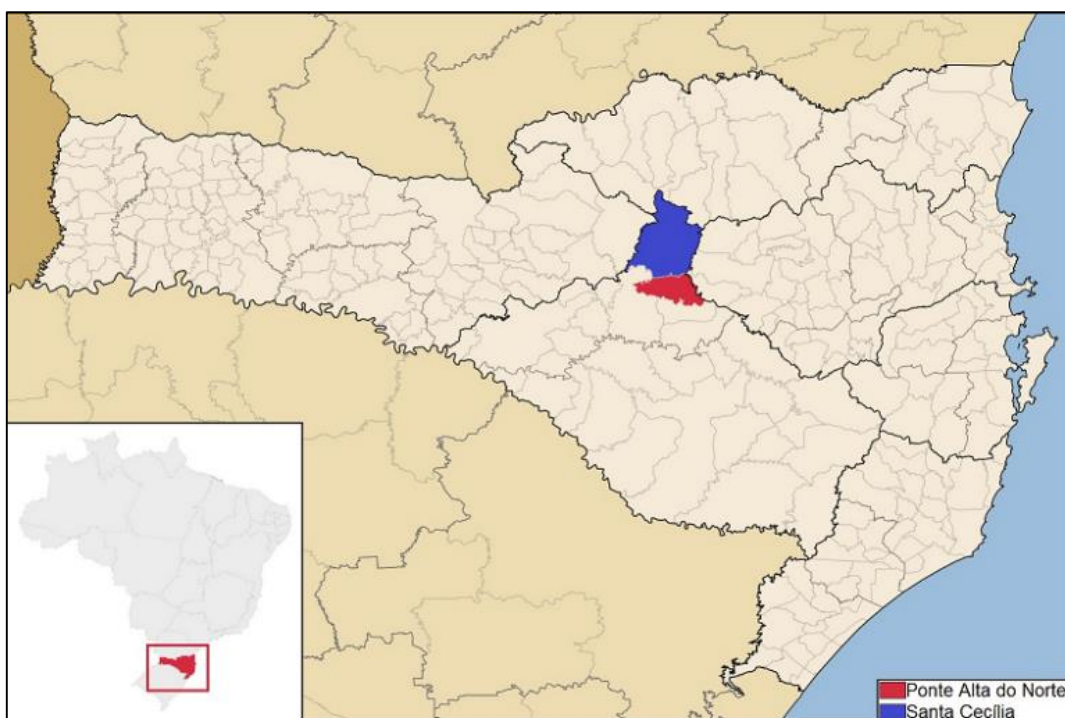
O espaçamento ótimo é capaz de fornecer o maior volume do produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado (PATIÑO-VALERA, 1986).



#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

As árvores foram provenientes de povoações comerciais pertencentes à empresa Florestal Rio Marombas LTDA., com 17 anos de idade, estavam localizadas nos municípios de Santa Cecília (lat. 26°57'39" Sul e long. 50°25'37" Oeste) e Ponte Alta do Norte (lat. 27°09'30" Sul / long. 50°27'52" Oeste), estado de Santa Catarina (FIGURA 3).

FIGURA 3: Localização dos municípios de Santa Cecília e Ponte Alta do Norte no estado de Santa Catarina.



Fonte: adaptado de Wikipédia.

O delineamento experimental inteiramente casualizado constituiu-se de quatro tratamentos, com 5 indivíduos/árvores coletados por tratamento (amostras), em um total de 20 amostras. Os tratamentos estão descritos na Tabela 1 e as variáveis resposta analisadas são descritas na Tabela 2:

TABELA 1 – Descrição dos tratamentos coletados e quantidades amostradas.

	TESTEMUNHA	LAC	NÃO PODADAS	2ª PROCEDÊNCIA
LAC		X		
ÁFRICA DO SUL <sup>1</sup>	X	X	X	
GEÓRGIA <sup>1</sup>				X
PODA <sup>2</sup>	Sim	Sim	Não	Sim
DESBASTE <sup>2</sup>	Sim	Sim	Não	Sim
n	5	5	5	5

<sup>1</sup>procedências das sementes utilizadas na produção das mudas; <sup>2</sup>tratos silviculturais aplicados ao povoamento.

TABELA 2 – Variáveis de resposta coletadas para avaliar os efeitos da presença do lenho anormal de compressão - LAC na madeira de *Pinus taeda*.

<b>Análises Químicas</b>	<b>Análises Físicas</b>	<b>Análises Mecânicas</b>
Material inorgânico (cinzas)	Massa específica	Compressão paralela as
Extrativos totais	básica	fibras
Solubilidade em NaOH	Retratibilidade	Flexão estática
Teor de lignina insolúvel		

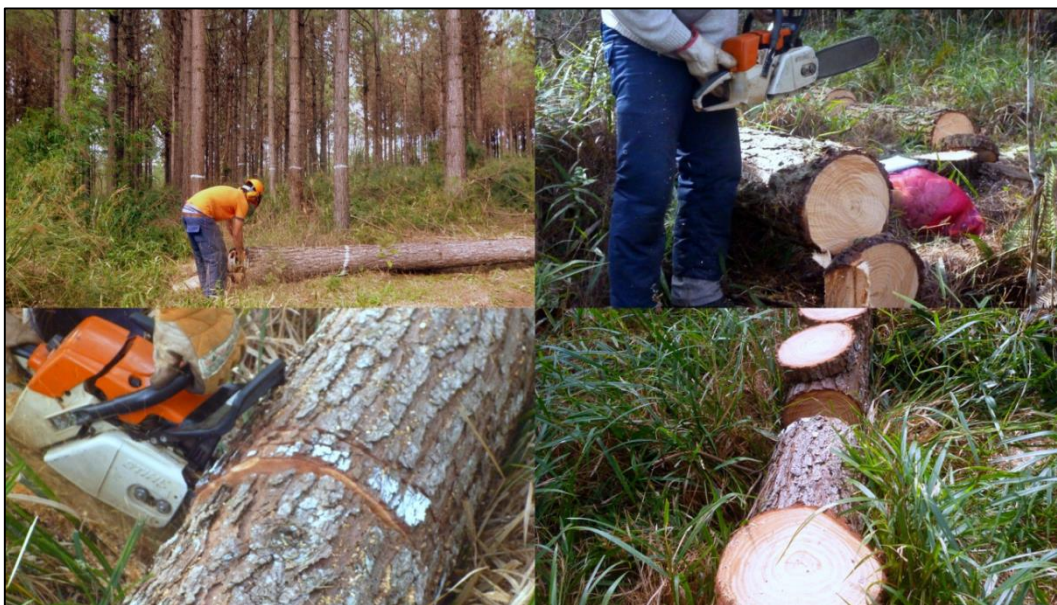
Os três primeiros tratamentos são provenientes da Fazenda Santa Cecília (FSCE) e o último da Fazenda Rio das Pedras (FRPE). A seleção de duas fazendas se deu pelo fato de a fazenda Santa Cecília não cobrir todos os tratamentos planejados.

A seleção de indivíduos dos dois primeiros tratamentos citados foi realizada a partir da derrubada de árvores na mesma área, esta se apresenta em índice de sítio bom e sem declividade, visto que as árvores que apresentam o problema não possuem nenhuma característica externa que as evidencie mais claramente das demais. O terceiro tratamento foi selecionado em uma área que não recebeu nenhum tratamento silvicultural, com idade de desenvolvimento igual aos dois primeiros, 17 anos. Por fim o último tratamento, foi selecionado na Fazenda Rio das Pedras, o povoamento também possuía 17 anos de plantio, passou por desbaste e podas como os dois primeiros tratamentos, porém a

procedência das sementes utilizadas na produção das árvores foi diferente dos demais.

Dos indivíduos selecionados, foram coletados dois discos em seis alturas diferentes, base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, e da segunda tora formada entre o corte dos discos do DAP e de 25% da altura comercial foi coletado um pranchão, totalizando 240 discos e 20 pranchões. Os discos e os pranchões foram identificados com lápis cópia ainda no campo, após os discos foram acondicionados em embalagens vasadas, pois estes modelos permitem a ventilação e conseqüentemente evitam a infestação de fungos nas peças.

FIGURA 4 - Corte das árvores, retirada de discos e avaliação da ocorrência do LAC.



Fonte: o autor.

Em seguida as amostras das vinte árvores terem sido coletadas e organizadas (FIGURA 5), foi feita a medição da circunferência dos discos, com casca, e marcação dos mesmos e dos pranchões com plaquetas plásticas, este tipo de marcação garante que seja mais fácil de manter o material organizado e também é o padrão utilizado nas coletas feitas pelo Laboratório de Tecnologia da Madeira (LTM).

FIGURA 5: Material da pesquisa organizado.



a) Empresa; b) UFPR.

Fonte: o autor.

Após realizada as marcações, identificação e organização do material, foi feito o transporte do material de Ponte Alta do Norte até Curitiba. Com a chegada do material, houve a conferência e organização para que fosse dado início às análises. Como as medidas das circunferências dos discos com casca já haviam sido feitas, foi retirada a casca dos discos, alguns deles perderam a casca durante o transporte, contudo, a maior parte foi retirada manualmente, então metade dos discos foi acondicionada em câmara climatizada, com  $60 \pm 5$  % de umidade relativa e  $20 \pm 2$  °C de temperatura, a outra metade dos discos foi marcada, para que de cada um deles fosse desdobrado em cunhas.

Foi selecionada de cada árvore, uma cunha por altura relativa em relação ao fuste de coleta para que fosse realizado o ensaio de massa específica básica (MEB), as cunhas que pertenciam à mesma árvore foram colocadas em sacos, iguais aos utilizados na coleta, assim este material permaneceu submerso em água por aproximadamente 30 dias. Durante este período também se deu a preparação das demais análises.

Os pranchões foram utilizados para a confecção de corpos de prova para ensaios físicos e mecânicos. Cada terça parte do pranchão foi destinado para a fabricação de um tipo de corpo de prova, a menor delas, usada para gerar os

corpos de prova de retratilidade, a intermediária para os ensaios de flexão estática e a maior delas para os corpos de prova de compressão, essa separação e destinação das partes do pranchão se deu devido as dimensões dos corpos de prova que seriam produzidos.

#### 4.1 Determinação das propriedades físicas e mecânicas

##### 4.1.1 Determinação da massa específica

As cunhas obtidas dos discos coletados em diferentes alturas no fuste das árvores foram destinadas para a determinação da massa específica. As cunhas foram identificadas e submersas em água para que atingissem o ponto de saturação total. A massa específica foi determinada pelos procedimentos da norma COPANT 461/1972 – *Método de determinación del peso específico aparente*. Neste método, foram calculadas as massas específicas em três níveis de umidade, verde, 12% e 0%. O método utilizado faz a relação da massa do corpo de prova na umidade determinada (verde, 12% e 0% de umidade) com o seu volume saturado. As etapas podem ser visualizadas na FIGURA 6. As fórmulas para os cálculos das massas específicas são apresentadas a seguir.

$$MEB = \frac{\text{peso seco}}{\text{volume}} \quad (1)$$

Onde:

MEB = massa específica básica (g/cm<sup>3</sup>);

peso seco = peso da amostra a 0% de umidade (g);

volume = volume de água deslocado pela amostra (cm<sup>3</sup>).

$$MEverde = \frac{\text{peso verde}}{\text{volume}} \quad (2)$$

Onde:

MEverde = massa específica verde (g/cm<sup>3</sup>);  
 peso verde = peso da amostra saturada (g);  
 volume = volume de água deslocado pela amostra (cm<sup>3</sup>).

$$ME_{12\%} = \frac{\text{peso } 12\%}{\text{volume}} \quad (3)$$

Onde:

ME<sub>12%</sub> = massa específica aparente a 12% de umidade (g/cm<sup>3</sup>);  
 peso 12% = peso da amostra a 12% de umidade (g);  
 volume = volume de água deslocado pela amostra (cm<sup>3</sup>).

FIGURA 6: ETAPAS PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA.



a) Separação das amostras; b) Determinação do volume por imersão em água; c) Secagem das cunhas; d) Pesagem do material.

Fonte: o autor.

#### 4.1.2 Determinação da estabilidade dimensional

Para se determinar a estabilidade dimensional do material, foi utilizado parte do pranchão das árvores coletadas. Após terem sido fabricados os corpos de prova foram medidos em seu estado inicial (verde ou saturados), à 12% de

umidade e a 0% de umidade, foram seguidos os padrões estabelecidos pela norma COPANT 462/1972 – *Método de determinación de la contracción*. As fases do processo estão ilustradas na FIGURA 7. O cálculo da estabilidade dimensional foi feito pelas fórmulas a seguir.

$$\beta_{\text{rad}} = \left[ \frac{(\text{drad.v} - \text{drad})}{\text{drad.v}} \right] \times 100 \quad (4)$$

Onde:

$\beta_{\text{rad}}$  = contração na direção tangencial do estado verde até 0%.

drad.v = dimensão radial da amostra saturada (mm);

drad = dimensão radial da amostra na umidade considerada (mm).

$$\beta_{\text{tang}} = \left[ \frac{(\text{dtang.v} - \text{dtang})}{\text{dtang.v}} \right] \times 100 \quad (5)$$

Onde:

$\beta_{\text{tang}}$  = contração na direção tangencial do estado verde até 0%.

dtang.v = dimensão tangencial da amostra saturada (mm);

dtang = dimensão tangencial da amostra na umidade considerada (mm).

$$\beta_{\text{Vmax}} = \left[ \frac{(V_u - V_o)}{V_u} \right] \times 100 \quad (6)$$

Onde:

$\beta_{\text{Vmax}}$  = contração volumétrica máxima;

$V_u$  = volume úmido (mm<sup>3</sup>);

$V_o$  = volume seco ( $\text{mm}^3$ ).

$$A_c = \frac{\beta_{\text{tang}}}{\beta_{\text{rad}}} \quad (7)$$

Onde:

$A_c$  = anisotropia de contração;

$\beta_{\text{tang}}$  = contração tangencial;

$\beta_{\text{rad}}$  = contração radial.

FIGURA 7: PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E ETAPAS PARA DETERMINAÇÃO DA ESTABILIDADE DIMENSIONAL



a) Confecção dos corpos de prova; b) & c) Medição das dimensões; d) Climatização das amostras.

Fonte: o autor.

## 4.2 Determinação das propriedades mecânicas

### 4.2.1 Determinação da resistência a flexão estática

As amostras utilizadas nos ensaios foram originadas de um segmento de cada pranchão coletado, após os corpos de prova foram climatizadas, para



que atingissem umidade de equilíbrio de 12%, após a estabilização, os corpos de prova foram esquadrejados, para que pudessem ser medidos e ensaiados de acordo com a norma COPANT 555/1972. O esquema para retirada dos corpos de prova pode ser visualizado na FIGURA 8. O cálculo do módulo de elasticidade (MOE) foi realizado de acordo com a equação sugerida pela norma EN310, o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade dinâmico (MOEdin.) foram calculados pelas fórmulas a seguir. Para o MOEdin foi utilizado a técnica de propagação de ondas para obtenção dos valores de velocidade de propagação de onda:

$$MOE = \frac{(F40\% - F10\%) \times L^3}{(def40\% - def10\%) \times (b \times h^3)} \quad (8)$$

Onde:

MOE = módulo de elasticidade (MPa);

F40% = 40% da força máxima aplicada (kgf);

F10% = 10% da força máxima aplicada (kgf);

L = vão (mm);

def 40% = 40% da deformação na F40% (mm);

def 10% = 10% da deformação na F10% (mm);

b = base (mm);

h = altura (mm).

$$MOE \text{ din.} = \frac{\left(\frac{vel^2 \times dens}{1000}\right)}{980,4} \quad (9)$$

Onde:

MOEdin. = módulo de elasticidade dinâmico (MPa);

vel = velocidade de propagação da onda (cm/s);

dens = densidade (g/cm<sup>3</sup>);

$$\text{MOR} = \left(\frac{3}{2}\right) \times \left(\frac{F_{\text{máx}} \times L}{b \times h^2}\right)$$

Onde:

MOR = módulo de ruptura (MPa);

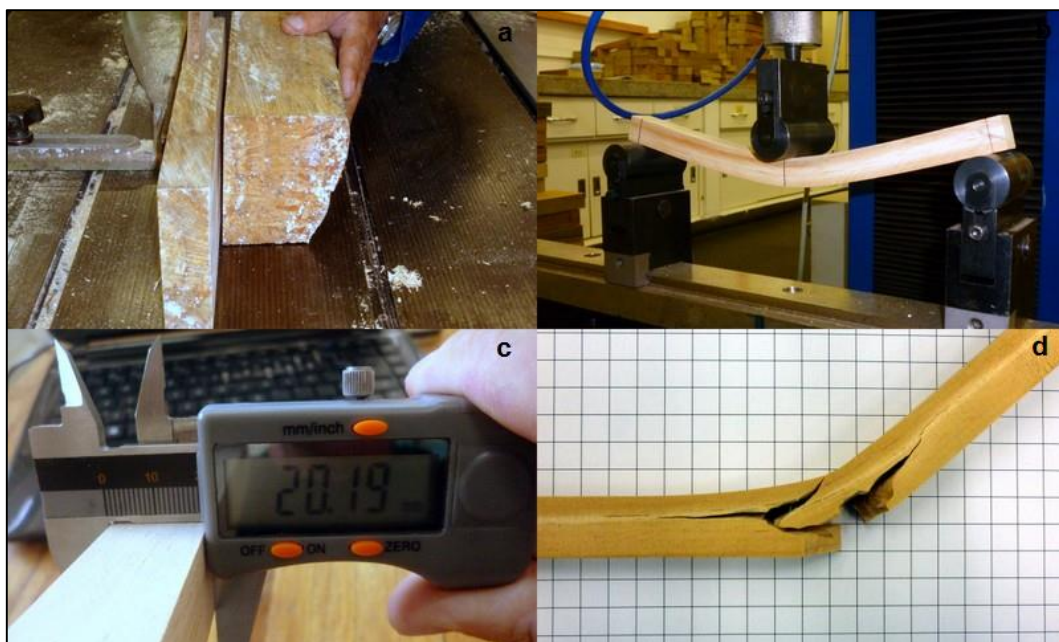
F<sub>máx</sub> = força máxima (kgf);

L = vão (mm);

b = base (mm);

h = altura (mm).

FIGURA 8: PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E ETAPAS PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A FLEXÃO ESTÁTICA.



a) Confecção dos corpos de prova; b) Corpo de prova durante ensaio; c) Medição das dimensões; d) Amostra fragmentada.

Fonte: o autor.

#### 4.2.2 Determinação da resistência à compressão paralela às fibras

Para determinação da resistência da madeira à compressão paralela às fibras, também se fez uso do pranchão para a confecção dos corpos de prova, que após terem sido cortados, foram acondicionados em câmara climatizada para que atingissem 12% de umidade de equilíbrio padrão, seguindo o mesmo

método usado para os ensaios de flexão estática. Na sequência os corpos de prova foram medidos e ensaiados de acordo com o prescrito na norma COPANT 464/1972 e teve o MOR calculado pela fórmula a seguir:

$$\text{MOR} = \frac{F_{\text{máx}}}{\text{área}} \quad (11)$$

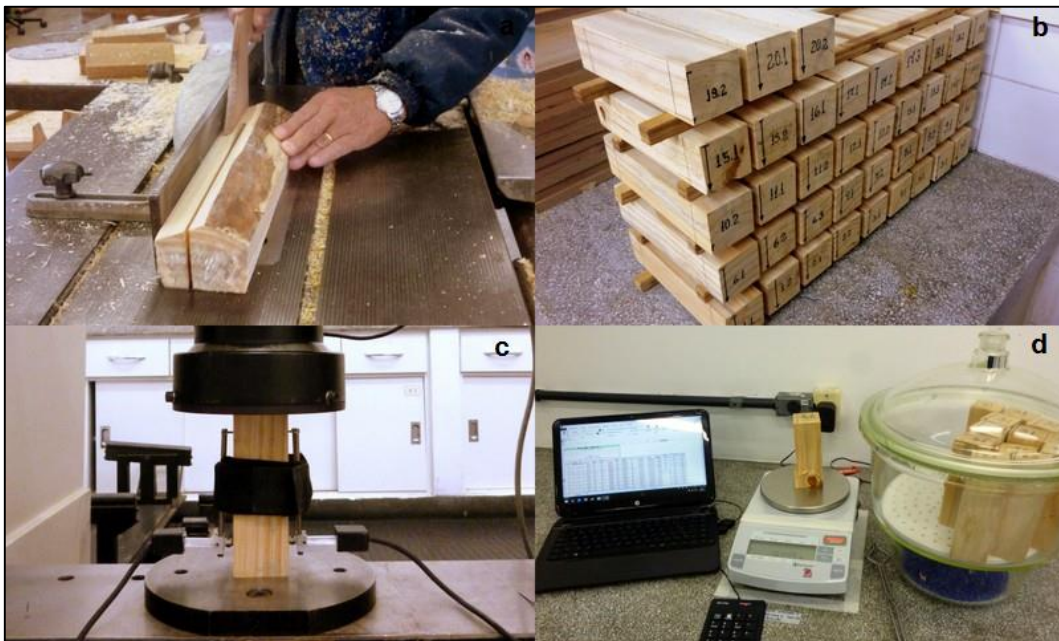
Onde:

MOR = tensão máxima de ruptura (MPa).

F<sub>máx.</sub> = força máxima (N);

Área = seção do corpo de prova (mm<sup>2</sup>).

FIGURA 9: Preparação dos corpos de prova e etapas para determinação da resistência a compressão paralela às fibras.



a) Confecção dos corpos de prova; b) Acondicionamento em câmara climatizada; c) Ensaio de compressão; d) Pesagem dos corpos de prova.

Fonte: o autor.

#### 4.3 Determinação das propriedades químicas da madeira

Para as análises químicas foram utilizadas as cunhas obtidas do discos coletados, contudo para que fosse obtido o material de acordo com a necessidade das análises foi realizada a desintegração do material, para que a impregnação e a reação dos reagentes sobre o material fossem uniformes. Para isso, foi utilizado operações de transformação das cunhas em partículas de menor dimensão, seguidas de peneiramento e classificação, dentro das conformidades da norma da NBR 14660 e detalhada a seguir.

A moagem foi realizada em duas etapas, a primeira em moinho de martelo e a segunda em moinho de faca, do tipo Willey, já classificação do material foi feita por peneiramento e utilizou o material passante pela peneira de 40 mesh e que ficou retido na de 60 mesh.

O esquema abaixo, mostra um esquema da preparação da madeira para as análises químicas.

FIGURA 10: Esquema das etapas de preparação da madeira para análises químicas.



Fonte: o autor

As análises químicas foram realizadas somente com dois tratamentos, das madeiras que apresentam e das que não apresentam o problema, isso é justificado pelo fato de que os dados obtidos com o tratamento testemunha se assemelha aos que seriam encontrados com os outros dois tratamentos.

Os ensaios analíticos seguiram os materiais e métodos fornecidos pelas normas da NBR e estão relacionados abaixo:

- Teor de Lignina Insolúvel - NBR 7989:2003 - Determinação de lignina insolúvel em ácido.
- Solubilidade em NaOH NBR7990:2001 - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%;
- Determinação do material inorgânico – NBR 13999:2003;
- Preparação da amostra – NBR 14660:2004 - Madeira - Amostragem e preparação para análise.
- Extrativos Totais – NBR 14853:2002 - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano.

#### 4.3.1 Teor de umidade

Após a moagem, aproximadamente 2 gramas de amostra foi pesado (peso inicial) e, posteriormente, colocados em uma estufa a temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ . Após 24 h essas amostras foram pesadas até peso constante e esta massa foi considerada a massa final (seca). O teor de umidade foi calculado em função da variação dos pesos, conforme apresentado na equação a seguir:

$$T.U = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100 \quad (12)$$

Onde:

TU = Teor de umidade (%);

P<sub>i</sub> = Peso da amostra seca ao ar (peso inicial) (g);

P<sub>f</sub> = Peso da amostra seca em estufa (g).

#### 4.3.2 Teor de cinzas

Para esta análise, pesou-se  $2 \pm 0,1$  gramas de amostra de madeira (A.S.) em um cadinho de porcelana, que foi levado para a mufla a  $525 \pm 25^\circ\text{C}$  por um período de três horas. Passado este tempo, as amostras foram colocadas em dessecador para resfriarem e em seguida pesadas. O teor de cinzas foi calculado em função da diferença de massas, conforme é apresentado na equação a seguir:

$$TC = \left( \frac{P_c}{P_i} \right) \times 100 \quad (13)$$

Onde:

TC = Teor de cinzas (%);

P<sub>c</sub> = Peso da cinza (g);

P<sub>i</sub> = Peso inicial da amostra AS (g).

#### 4.3.3 Determinação do material solúvel em NaOH a 1%

Para esta análise, pesou-se  $2 \pm 0,1$  gramas de amostra de madeira e em um becker de 500 ml adicionou-se 100 ml de solução de hidróxido de sódio a 1%, que foram colocadas em banho-maria a  $97- 100^\circ\text{C}$ , por 60 minutos. Decorrido o tempo, filtrou-se a amostra e lavou-se com 100 ml de água quente ( $60^\circ\text{C}$ ). Adicionou-se 25 ml de ácido acético a 10% durante 1 minuto e lavou-se novamente com água quente até obter pH neutro. Então, secou-se as amostras em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 24h, resfriou-se em um dessecador e pesou-se o conjunto. A solubilidade em hidróxido sódio foi quantificada conforme equação a seguir:

$$TE = \left[ \frac{(P_a - P_d)}{P_a} \right] \times 100 \quad (14)$$

Onde:

TE = Teor de material solúvel em hidróxido de sódio (%);

P<sub>a</sub> = Peso da amostra A.S. (antes da extração) (g);

P<sub>d</sub> = Peso da amostra seca em estufa (após a extração) (g).

#### 4.3.4 Solubilidade em etanol-tolueno

A análise de teor de extrativos foi realizada por solubilidade em etanol-tolueno. Os reagentes utilizados foram na proporção de 1:2 e o aparelho de extração foi do tipo Soxhlet. Pesou-se  $2 \pm 0,1$  gramas de amostra de madeira que foi colocado em cadinho extrator (celulose), foram pesados também os frascos de extração, onde foi colocado 150 ml do solvente. As extrações foram realizadas, em capela de exaustão de gases, com um mínimo de 24 sifonadas, por um período de 5 a 6 horas e as quantificações dos extrativos foram realizadas através da equação a seguir:

$$TE = \left[ \frac{(m1 - m2)}{m1} \right] \times 100 \quad (15)$$

Onde:

TE = Teor de material solúvel em etanol-tolueno (%);

m1 = Peso do frasco de extração (antes da extração) (g);

m2 = Peso do frasco de extração (após a extração) (g).

#### 4.3.5 Determinação de lignina solúvel em ácido

Pesou-se 1 g de madeira moída, livre de extrativos, e adicionou-se 15ml de solução de ácido sulfúrico 72%, de forma lenta e sob agitação constante, deixando o ácido agir por duas horas à temperatura ambiente. Após, acrescentou-se 560 ml de água destilada, para obter-se a porcentagem de ácido sulfúrico igual a 3% e levou-se o conteúdo para ebulição por um período de quatro horas. Terminado o processo, filtrou-se (a vácuo) a solução. Após, lavou-se o material sólido com água destilada até pH neutro. O resíduo foi seco em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , até massa constante. Determinou-se o teor de lignina Klason através da equação abaixo:

$$TL = \left[ \frac{Ps}{Pi} \right] \times 100 \quad (16)$$

Onde:

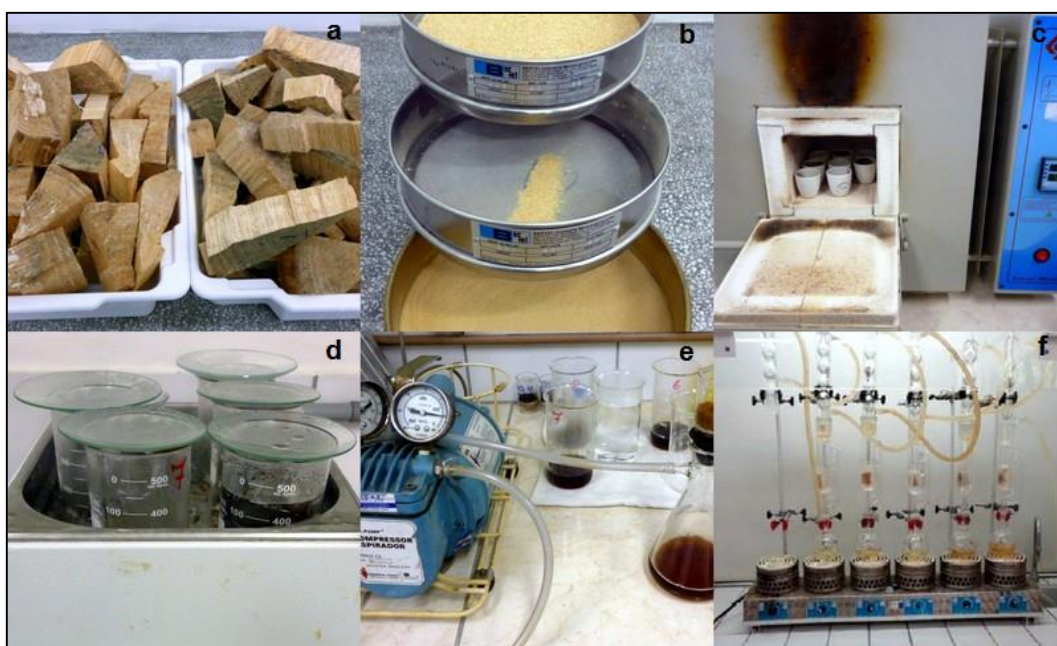
TL = Teor de lignina solúvel em ácido (%);

Ps = Peso da amostra seca (g);

Pi = Peso da amostra A.S. (g).

A FIGURA 11 apresenta alguns procedimentos ligados a determinação das propriedades químicas da madeira de *Pinus taeda*.

FIGURA 11: Procedimentos para determinação das propriedades químicas.



a) Amostragem; b) Preparação e classificação; c) Determinação do material inorgânico; d) Solubilidade em NaOH; e) Determinação da lignina insolúvel; f) Extrativos totais.

Fonte: o autor.

#### 4.4 Propriedades anatômicas

Para análise das propriedades anatômicas o material foi selecionado de madeira com ocorrência do LAC e madeira sem ocorrência do LAC (testemunha). foi realizado com dois tratamentos, o do material que apresenta o problema e a madeira testemunha. As amostras foram retiradas dos discos localizados no DAP das árvores, abrangendo os anos intermediários das árvores.

As lâminas para estudos anatômicas foram confeccionadas a partir de amostras de 1x1x1 cm, que foram submersas em água para facilitar o corte, que

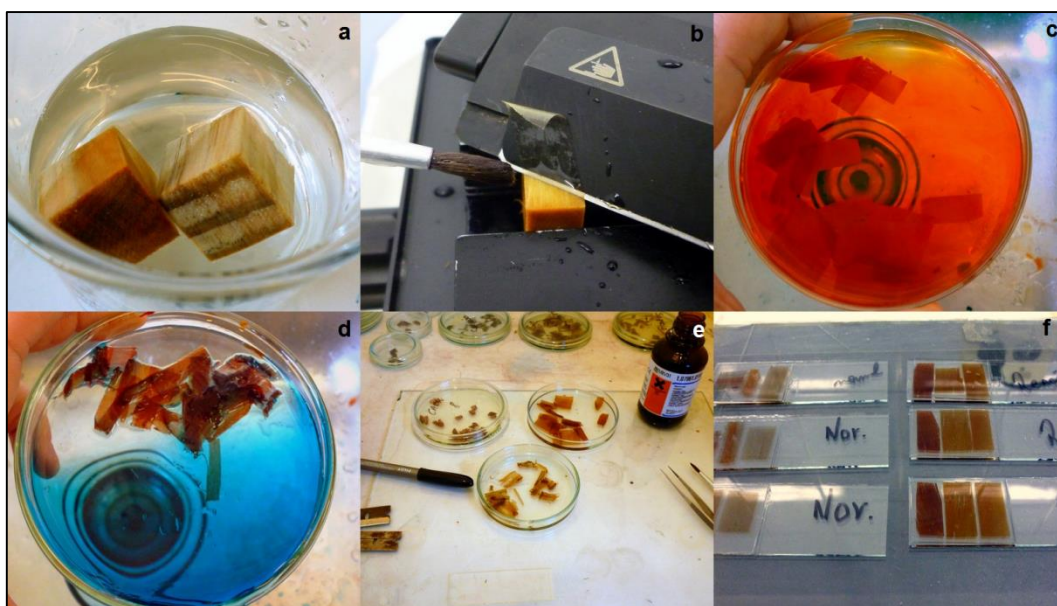


foram feitos no equipamento “Hyrax S 50”, que teve ajuste de corte em  $30\mu\text{cm}$ , com as lâminas dos três planos cortadas, estas foram colocadas em solução de “acridina 1%+chrysoldina 1%” por cinco minutos, passado o tempo os cortes foram lavados e colocados em solução de “azul de astra 1%”, também por cinco minutos, decorrido o tempo foram lavadas em água, e depois lavadas em soluções de álcool em diferentes concentrações, 30%, 50%, 70%, 90% e 100%. Após passarem por estas lavagens os cortes anatômicos foram montados em lâminas de vidro.

Com as lâminas anatômicas prontas, as fotos obtidas a partir delas, foram registradas com o auxílio de um microscópio da marca “ZEISS”, modelo Discovery V 12 e com o programa AxionCam Ice 3.

As etapas de montagem das lâminas para análises anatômicas podem ser observadas na FIGURA 12.

FIGURA 12: Procedimentos para estudo das propriedades anatômicas.



a) Amostras em água; b) Realização dos cortes anatômicos; c) Cortes anatômicos em solução de acridina 1%+chrysoldina 1%; d) Cortes anatômicos em solução de “azul de astra 1%”; e) Montagem das lâminas; f) Lâminas anatômicas prontas.

Fonte: o autor.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Resultados da investigação da origem e ocorrência do LAC nas árvores

As análises visuais realizadas em campo demonstraram que a ocorrência do LAC se deu somente em plantios com árvores produzidas a partir de sementes originárias da África do Sul são como é demonstrado na TABELA 3.

TABELA 3 – Relação dos tratamentos e ocorrência do LAC nas amostras

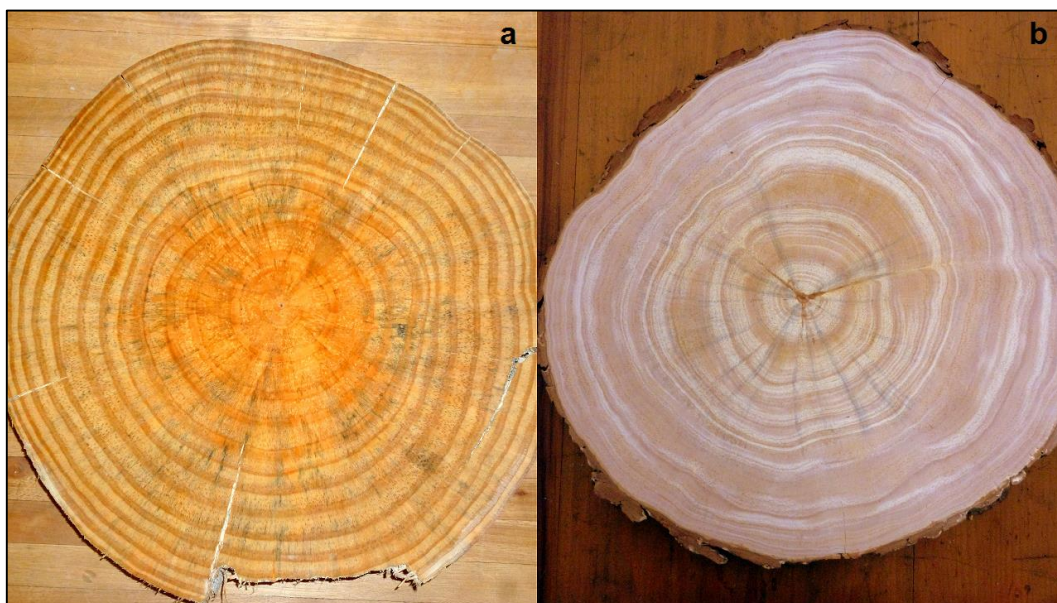
Tratamento	Nº de árvores amostradas	Nº de discos analisados	Ocorrência do LAC no discos amostrados	Ocorrência do LAC nas árvores amostradas
1. Testemunha				
- Procedência A. do Sul;				
- árvores podadas;	5	30	0%	0%
- com desbastes na área.				
2. Árvores com LAC				
- Procedência A. do Sul;				
- árvores podadas;	5	30	67%	100%
- com desbastes na área.				
3. Não Podadas				
- Procedência A. do Sul;				
- árvores não podadas;	5	30	0%	0%
- sem desbastes na área.				
4. Geórgia				
- Procedência Geórgia;				
- árvores podadas;	5	30	0%	0%
- com desbastes na área.				

Na TABELA 3 podemos observar que das 20 árvores amostradas após o abate e retirada de discos em posições relativas do fuste de 0%h (base), DAP, 25%h, 50%h, 75%h e 100%h, somente foi constatada a ocorrência do LAC nas árvores do Tratamento Sementes da A. do Sul e somente até a altura de 50%h.

Pelos resultados obtidos conclui-se que a origem do surgimento do LAC é predominantemente um defeito que ocorre em árvores cujas sementes provêm

da África do Sul. Isto confirma as observações apresentadas pelos pesquisadores Malan e Kassier em 2002, ambos da África do Sul que reportaram na década de 80 o surgimento deste problema. É possível ainda afirmar ainda que a ocorrência do LAC é somente em árvores que passaram por podas e desbastes.

FIGURA 13 – Aspecto do tronco de *Pinus taeda* com lenho normal e com ocorrência de LAC.



a) Madeira testemunha; b) madeira com LAC.  
Fonte: o autor

## 5.2 Resultados dos efeitos do LAC sobre as propriedades da madeira de *Pinus taeda*.

### 5.2.1 Propriedades Físicas

#### 5.2.1.1 Massa específica básica

##### 5.2.1.1.1 Massa específica básica por tratamento

Os valores de massa específica básica por tratamento são apresentados na TABELA 4.

TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA OBTIDA POR TRATAMENTO

<b>Condição</b>	<b>n</b>	<b>Massa Específica Básica (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Testemunha	30	0,361 a (12,16)
Sem poda	30	0,347 a (10,39)
Geórgia	30	0,339 a (9,93)
LAC	30	0,398 b (13,95)

Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação entre as amostras.

De acordo com a TABELA 4 pode se verificar que a madeira de reação foi a que apresentou o maior valor médio para a massa específica básica, sendo este estatisticamente diferente dos outros três tratamentos.

Existe para a espécie inúmeras pesquisas, devido a sua ampla utilização nos processos industriais. Comparado os valores médios obtidos por tratamento com os valores citados por outros autores, verifica-se que os valores dos tratamentos “testemunha”, “sem poda” e “Geórgia” são inferiores aos apresentados por Klock (2000) que obteve massa específica básica no intervalo de 0,364 g/cm<sup>3</sup> a 0,467 g/cm<sup>3</sup> para árvores com 10 anos de idade em Ventania (PR); Mendes (2001) encontrou valor médio de 0,400 g/cm<sup>3</sup> para indivíduos de 11 anos, também do município de Ventania; Andrade (2006) obteve valor médio de 0,362 g/cm<sup>3</sup> e 0,404 g/cm<sup>3</sup> para plantio de 8 e 14 anos, respectivamente, localizados em Telêmaco Borba (PR); Castelo (2007) que encontrou valores médios de 0,386 g/cm<sup>3</sup> para um plantio com 14 anos e 0,377 g/cm<sup>3</sup> para plantio com 18 anos, localizados em Piraí do Sul – PR; Sousa *et al.* (2007) que obtiveram valores de 0,350 g/cm<sup>3</sup> e 0,400 g/cm<sup>3</sup>, para árvores com 9 e 13 anos respectivamente, oriundos da região de Sengés – PR; Xavier, Matos e Trianoski (2008) que encontraram valores 0,377 g/cm<sup>3</sup>, 0,366 g/cm<sup>3</sup>, 0,351 g/cm<sup>3</sup>, 0,390 g/cm<sup>3</sup> para plantios com 8, 9, 10 e 11 anos, respectivamente, localizados em Guarapuava – PR; Trianoski (2012) encontrou valor médio de 0,485 g/m<sup>3</sup> para árvores com 18 anos localizadas no município de Ventania estado do Paraná.

## 5.2.1.1.2 Massa específica básica por altura de coleta

Os valores médios de massa específica básica por altura de coleta são descritos da TABELA 5.

TABELA 5 – RESULTADOS MÉDIOS DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA POR ALTURA DE COLETA

Posição	Massa específica básica (g/cm <sup>3</sup> )				
	n	LAC	Testemunha	Sem Poda	Geórgia
Topo	5	0,350 a (17,90)	0,333 a (6,95)	0,327 a (7,87)	0,323 a (3,62)
75%	5	0,362 ab (12,50)	0,316 a (3,82)	0,318 a (7,61)	0,308 a (4,78)
50%	5	0,374 ab (10,40)	0,336 a (7,10)	0,321 a (3,71)	0,312 a (5,39)
25%	5	0,425 ab (7,05)	0,368 ab (9,61)	0,346 ab (8,12)	0,335 a (4,91)
DAP	5	0,436 ab (10,23)	0,396 b (4,70)	0,381 bc (5,34)	0,374 b (5,13)
Base	5	0,440 b (9,96)	0,417 b (9,03)	0,392 c (5,74)	0,381 b (7,15)

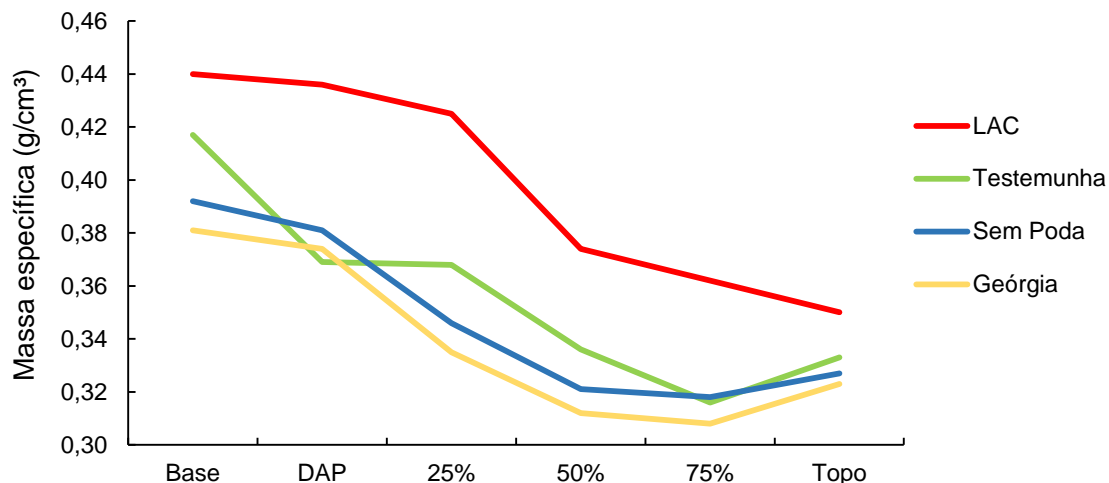
Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação entre as amostras.

Como mencionado por Spurr e Hyvarinen (1954), Kollmann (1959), Panshin e De Zeeuw (1980), Cown e McConchie (1980) e Klock (2000), a variação em uma mesma árvore, é, às vezes, muito maior do que a variação encontrada entre árvores de uma mesma espécie e entre espécies.

Kollmann e Côté (1968) relatam que especificamente para *Pinus spp.*, as variações de massa específica no sentido longitudinal podem ser tão acentuadas a ponto de determinar diferentes classes de qualidade apenas em função da posição de origem da peça de madeira.

Para melhor visualizar o comportamento da massa específica básica por altura de coleta, o GRÁFICO 1 apresenta o modelo da variação obtido para cada tratamento.

GRÁFICO 1 – Variação da massa específica básica por altura de coleta



Fonte: o autor (2015).

No GRÁFICO 1 observa-se que a massa específica básica tende a decrescer com o aumento da altura como vários autores citam (PANSIM; DE ZEEUW, 1980; SPURR; HYVARINEN, 1954; KLOCK, 2000).

Panshin e De Zeew (1980) descreveram que a massa específica básica diminui com o aumento da altura, isto ocorre em todos os tratamentos até a altura de 75 %, onde em três deles, testemunha, sem poda e Geórgia, houve um pequeno aumento da MEB.

Para o tratamento testemunha a massa específica básica decresceu até 75% da altura, com ligeiro aumento no topo quando comparado à altura de 75%, já nos tratamentos sem poda e Geórgia houve decréscimo dos valores até a altura de 75%, sendo que houve aumento novamente nos valores do topo, desta vez, este valor foi superior à altura de 75% e 50%.

#### 5.2.1.2 Estabilidade dimensional

Na TABELA 6 são apresentados os resultados médios obtidos para as propriedades de contração tangencial, radial e volumétrica e anisotropia de

contração. São apresentados também os valores médios obtidos para massa específica, aparente, verde e a 12% e 0% de umidade.

Considerando os intervalos de variação descritos por Tsoumis (1991), para contração de madeiras classificadas como *softwood*, verifica-se que para a contração radial, todos os apresentaram-se dentro do intervalo de 2,1% a 5,1%. Contudo para a contração tangencial apenas o tratamento “Geórgia” se enquadrou dentro do intervalo e o tratamento “sem poda” ficou exatamente com o valor do limite inferior citado que é o de 4,4% e o limite superior é de 9,1%, já para a contração volumétrica, o qual possui intervalo citado pelo autor de 6,8% a 14%, todos os tratamentos ficaram dentro deste intervalo.

As proposições de Skaar (1972) que afirma que a magnitude da grandeza de contração entre o ponto de saturação das fibras e o estado completamente seco para a maioria das espécies varia entre 6,0% e 12,0% para a contração tangencial e 3,0% a 6,0% para contração radial, apesar de todos os tratamentos apresentarem contração radial de acordo com o intervalo estipulado por este autor, nenhum deles atingiu o valor mínimo determinado.

Para a contração radial os valores variaram entre 3,12% e 4,53%, onde o maior valor foi obtido para o tratamento sem poda e o menor pelo LAC, onde os valores médios dos tratamentos LAC e testemunha foram estatisticamente iguais e os dois outros, juntamente com a testemunha, também se apresentaram desta maneira.

Em relação a contração tangencial os resultados obtidos ficaram entre 3,47% e 4,84%, novamente o menor valor foi encontrado no tratamento LAC e o maior nesta análise foi obtido no Geórgia. Nas análises estatísticas os resultados obtidos para contração tangencial seguiram os resultados obtidos para contração radial, o LAC é diferente dos tratamentos sem poda e Geórgia e a testemunha é estatisticamente similar aos três.

A contração volumétrica ficou com intervalos de 7,55% e 9,26%, estando em conformidade com os valores apresentados por Koch (1972) que afirma que para o gênero *Pinus* é bastante comum encontrar contrações de até 12%. Nesta

TABELA 6 – VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS RELACIONADOS A ESTABILIDADE DIMENSIONAL DA MADEIRA DE *Pinus taeda* PARA CADA TRATAMENTO

Condição	n	Btang	$\beta_{rad}$	$\beta_{vol}$	Ac	ME verde	ME 12%	ME básica	ME 0%
		(%)	(%)	(%)		(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )
Testemunha	49	4,33 ab	3,88 ab	8,62 a	1,43 a	0,399 ab	0,410 ab	0,348 ab	0,380 ab
		(42,04)	(45,09)	(14,60)	(59,25)	(16,98)	(16,39)	(16,65)	(16,23)
Sem Poda	59	4,40 b	4,53 b	8,99 a	1,27 a	0,379 a	0,387 a	0,329 a	0,361 a
		(36,30)	(39,59)	(13,81)	(65,71)	(11,25)	(11,14)	(10,79)	(11,47)
Geórgia	30	4,84 b	4,40 b	9,25 a	1,26 a	0,379 a	0,388 a	0,329 a	0,363 a
		(33,29)	(28,85)	(13,15)	(52,36)	(7,66)	(8,29)	(7,92)	(8,41)
LAC	42	3,48 a	3,12 a	7,55 b	1,38 a	0,429 b	0,437 b	0,374 b	0,405 b
		(36,16)	(45,51)	(13,15)	(57,91)	(20,20)	(19,95)	(20,13)	(19,79)

$\beta_{tang}$ : Contração tangencial;  $\beta_{rad}$ : Contração radial;  $\beta_{vol}$ : Contração volumétrica; Ac: Anisotropia de contração; MEverde: massa específica verde; ME12%: massa específica aparente a 12%; MEbásica: massa específica básica; ME0%: massa específica a 0%; Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey com 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação entre as



variável, novamente o tratamento Geórgia apresentou o maior valor e o menor para o LAC, contudo as análises estatísticas mostraram que os tratamentos, testemunha, sem poda e Geórgia são iguais entre si e diferentes do LAC.

Para a anisotropia de contração, os valores obtidos ficaram entre 1,25 e 1,43, o menor obtido no tratamento Geórgia e o maior para o testemunha, sendo que os quatro tratamentos são estatisticamente iguais entre si.

Estabelecendo uma classificação para classes de qualidade em função do coeficiente de anisotropia apresentado por Klitzke (2007), verifica-se que nenhum tratamento apresentou anisotropia de contração superior a 1,5, o que caracteriza a madeira como muito estável.

## 5.2.2 Propriedades mecânicas

### 5.2.2.1 Resistência a flexão estática

Na TABELA 7 são apresentados os valores médios obtidos da resistência à flexão estática e dinâmica.

TABELA 7 – RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA E DINÂMICA POR TRATAMENTO

<b>Tratamento</b>	<b>n</b>	<b>ME (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>MOR (MPa)</b>	<b>MOEdin. (MPa)</b>	<b>MOE (MPa)</b>
TESTEMUNHA	70	0,450 a (13,73)	57 a (21,06)	6633,66 a (37,45)	5504,38 a (39,99)
SEM PODA	40	0,416 ab (11,55)	49 b (25,92)	5563,20 b (26,51)	4593,10 a (29,95)
GEÓRGIA	53	0,400 b (12,15)	50 b (25,56)	5405,08 b (31,67)	4732,72 ab (32,69)
LAC	62	0,488 c (18,69)	57 a (23,10)	5170,1 b (28,96)	4279,14 b (27,30)

ME: massa específica. MOR: módulo de ruptura. MOEdin: Modulo de Elasticidade dinâmico  
MOE: módulo de elasticidade. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação entre as amostras.

A maior resistência da madeira com LAC, provavelmente é explicação pela maior densificação, contudo este comportamento não é observado em relação a rigidez do material, que conforme cita a literatura, madeiras com lenho de compressão se tornam mais quebradiças.

Para o módulo de ruptura (MOR), percebe-se que o maior valor é obtido para a testemunha e para o tratamento LAC e estes dois apresentam diferenças estatísticas para os tratamentos sem poda e Geórgia, que entre si foram iguais pelos testes.

Em relação aos valores de módulo de elasticidade dinâmico (MOEdin) a testemunha, além de ser o maior valor obtido nos ensaios, é diferente estatisticamente dos outros três tratamentos e estes, por sua vez, similares entre si.

No módulo de elasticidade (MOE), observa-se que a testemunha apresentou novamente o maior valor médio, para esta propriedade é evidenciada as diferenças estatísticas existentes entre ela e a madeira com LAC.

Comparando os valores obtidos com os descritos em outras pesquisas, observa-se que Klock (2000) obteve MOR e MOE de 60,59 MPa e 7.025,10 MPa, as amostras utilizadas no experimento eram provenientes de plantios com 12 anos de idade e foram retiradas na mesma altura da coleta deste trabalho. Oliveira et al. (2006) relatou os valores de 53,14 MPa, 67,28 MPa e 79,97 MPa, para a resistência a flexão de *Pinus taeda* com idades de 9, 13 e 20 anos, observa-se que os valores dos tratamentos Geórgia e sem poda ficam abaixo do determinado por Oliveira et al., para as idades de 13 e 20 anos, que tiveram valores superiores aos quatro tratamentos testados, esta diferença pode ser explicada pelo fato do valor médio da massa específica ser de 0,49 g/cm<sup>3</sup> e 0,56 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Já os resultados apresentados por Ballarin e Lara Palma (2003) os quais obtiveram valores médios de 107,02 MPa e 13.812 MPa para MOR e MOE, respectivamente, para materiais provenientes de plantios com 37 anos de idade, da cidade de Manduri – SP, são observados valores superiores ao deste trabalho, cuja explicação resume-se exclusivamente à idade e, conseqüentemente, na massa específica, onde o valor médio obtido para esta propriedade foi de 0,605 g/cm<sup>3</sup>.

Santini, Haselein e Gatto (2000) atingiram os valores de 54,52 MPa e 5.941 MPa para os módulos de ruptura e elasticidade a partir de plantios com 13 anos de idade localizados em Quedas do Iguaçu – PR, verifica-se que os resultados obtidos para o *Pinus taeda* neste trabalho são superiores em dois tratamentos, testemunha e LAC, que podem ser justificados pela diferença de idade e da massa específica.

Por fim, as massas específicas obtidas através dos corpos de flexão estática, indicam que a madeira com LAC apresenta o maior valor médio, sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos.

### 5.2.2.2 Resistência à compressão paralela às fibras

Na TABELA 8 são apresentados os valores médios obtidos a partir do ensaio de compressão paralela as fibras.

TABELA 8 – VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS OBTIDAS NOS DIFERENTES TRATAMENTOS

<b>Tratamento</b>	<b>n</b>	<b>ME (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>MOE (MPa)</b>	<b>MOR (MPa)</b>
Testemunha	9	0,415 a (8,35)	5252,33 a (30,59)	26 ab (10,21)
Sem Poda	10	0,395 a (9,49)	5091,35 a (23,05)	25 ab (15,08)
Geórgia	10	0,394 a (7,52)	5868,15 a (16,88)	24 a (12,10)
LAC	8	0,417 a (16,26)	6660,69 a (24,54)	29 b (13,61)

ME: massa específica. MOR: módulo de ruptura. MOE: módulo de elasticidade. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação entre as amostras.

O maior valor médio para o MOR em compressão paralela foi obtido pelo tratamento LAC, este se mostrou estatisticamente diferente apenas do tratamento Geórgia, já os tratamentos, testemunha e sem poda, são iguais estatisticamente a todos os tratamentos. Contudo para o MOE, os testes

estatísticos mostraram que os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Considerando os resultados apresentados em outras pesquisas, a literatura indica valores de compressão paralela de 24,11 MPa, 29,64 MPa e 36,02 MPa para plantios de 9, 13 e 20 anos (OLIVEIRA et al., 2006), sendo os valores de 13 e 20 anos são superiores aos descritos neste trabalho.

Já Bortoletto Junior (1999) obteve módulo de ruptura de 24,90 MPa para plantios de 23 anos, e Santini, Haselein e Gatto (2000) encontraram módulo de ruptura de 28,54 MPa a partir de plantios com 13 anos de idade localizados em Quedas do Iguaçu – PR, e Brand et al. (2004) que determinaram resistência a compressão de 26,74 MPa para plantio com 9 anos na região de Santa Catarina, sendo que os resultados obtidos para três tratamentos neste trabalho, testemunha, sem poda e LAC, ficaram dentro dos valores citados pela literatura, apenas o tratamento Geórgia apresentou inferiores aos citados.

A massa específica obtida através dos corpos de prova de compressão indica que apesar dos valores maiores do tratamento LAC e da testemunha, eles não diferem estatisticamente entre si e nem dos dois demais tratamentos, mantendo-se em uma média geral de 0,40 g/cm<sup>3</sup>, valor este que fica dentro dos parâmetros obtidos por Klock (2000) e se iguala ao valor obtido por Mendes (2001), vale ressaltar, que outros valores são apresentados no tópico 5.2.1.1.2 (massa específica básica por altura de coleta).

### 5.2.3 Propriedades químicas

Os resultados médios da composição química nos dois tratamentos de *Pinus taeda* são apresentados na TABELA 9.

TABELA 9 – RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA COM LENHO ANORMAL DE REAÇÃO E DA TESTEMUNHA

Tratamento	Mat. inorgânico (%)	NaOH <sup>1</sup> (%)	Etanol- tolueno (%)	Extrativos totais (%)	Lignina (%)	Holocelulose <sup>2</sup> (%)
Testemunha	0,26 a (10,02)	3,71 a (10,84)	2,31 a (11,08)	3,70 a (0,89)	26,94 a (0,91)	63,08 a (7,75)
LAC	0,33 b (6,20)	11,34 b (7,16)	2,33 a (12,91)	3,73 a (3,21)	32,00 b (0,86)	50,26 b (8,44)

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.<sup>1</sup>Solubilidade.<sup>2</sup>Teor de holocelulose determinado por diferença. Os valores entre parênteses referem-se ao valor do coeficiente de variação.

A respeito dos materiais inorgânicos (cinzas), pode-se verificar que os valores médios variaram de 0,23% na testemunha e 0,33% na amostra com LAC. Comparativamente os valores obtidos estão de acordo com os relatados por Sjöström (1981) e por Fengel e Wegener (1989), que relataram valores de 0,2% e 0,9%. Os resultados são similares aos citados por Foelkel (1976) que encontrou valores de 0,3% a 0,4% e também aos encontrados por Philip e D'Almeida (1988), que obtiveram valores entre 0,2% e 0,3% para espécies de coníferas.

Observa-se que a partir dos resultados obtidos dos materiais inorgânicos que os dois tratamentos apresentaram valores elevados, demonstrando com isso que não haverá desgaste excessivo das ferramentas de corte durante o processamento.

Em relação ao teor de componentes solúveis em hidróxido de sódio (NaOH), o qual determina o índice de degradação da madeira, verificou-se que a madeira com LAC foi três vezes maior que na madeira testemunha, ficando fora do padrão conhecido para a espécie. Contudo vale ressaltar que muitas vezes ocorre a solubilização da lignina e das hemicelulose durante esta análise, o que pode explicar parte do aumento, contudo, somente esta justificativa não explica tamanha diferença entre os tratamentos.

Os resultados encontrados de extrativos totais tiveram média de 3,70% para a testemunha e 3,73% para a madeira com LAC, estes valores estão de acordo com o citado na literatura para a madeira de *Pinus taeda* e não diferem

estatisticamente entre si, demonstrando assim, não haver diferenças significativas entre os componentes analisados com este ensaio.

Não houve também diferenças estatísticas na análise de etanol-tolueno, onde as médias foram de 2,31% para a testemunha e de 2,33% para a madeira com LAC. Visto que nesta análise são extraídos componentes de baixa massa molecular, carboidratos e outras substâncias solúveis em água, mostra que nestes componentes as madeiras não se diferem.

Para a variável lignina, pode-se notar que os dois tratamentos apresentaram valores de acordo com os citados por Tsoumis (1991) que descreveu valores entre 21,7% e 37%, já Trianoski (2012) descreveu valores entre 29,67% e 32,43% para sete espécies de *Pinus* tropicais e para *Pinus taeda* de 30,51%. Os valores médios obtidos neste trabalho, de 32% para a madeira com lenho anormal de compressão e 26,94% para a madeira testemunha, apresentaram-se ligeiramente superior e inferior aos mencionados por Fengel e Wegener (1989) que encontraram que coníferas apresentam percentual de lignina de  $28 \pm 2\%$ .

Já os teores obtidos de holocelulose variaram entre 50,27% e 63,08%, para o LAC e para a testemunha, respectivamente. O valor da madeira testemunha está compatível com os valores encontrados em literatura, contudo o valor obtido para a madeira que possui o lenho anormal de compressão está bem abaixo dos valores de referência citados por Tsoumis (1991) que obteve um intervalo de 59,80% a 80,90%.

A espécie utilizada na pesquisa possui inúmeros trabalhos de pesquisa desenvolvidas, alguns resultados disponíveis na literatura são de extrativos totais de 3,30%, teor de lignina de 27,10%, teor de holocelulose 69,60% (BORTOLETTO JUNIOR, 1999); extrativos totais de 3,03%, teor de lignina de 26,55 a 28,76%, teor de holocelulose entre 70,70% a 72,73% e materiais inorgânicos de 0,23% e 0,28% (ANDRADE, 2006); teor de extrativos totais de 7,37%, teor de lignina de 29,34%, teor de holocelulose de 63,03% e materiais inorgânicos de 0,30% (TRIANOSKI, 2010), já em 2012, Trianoski relatou os seguintes valores, extrativos totais de 3,34%, lignina de 30,51%, materiais inorgânicos de 0,28% e teor de holocelulose de 65,87%.

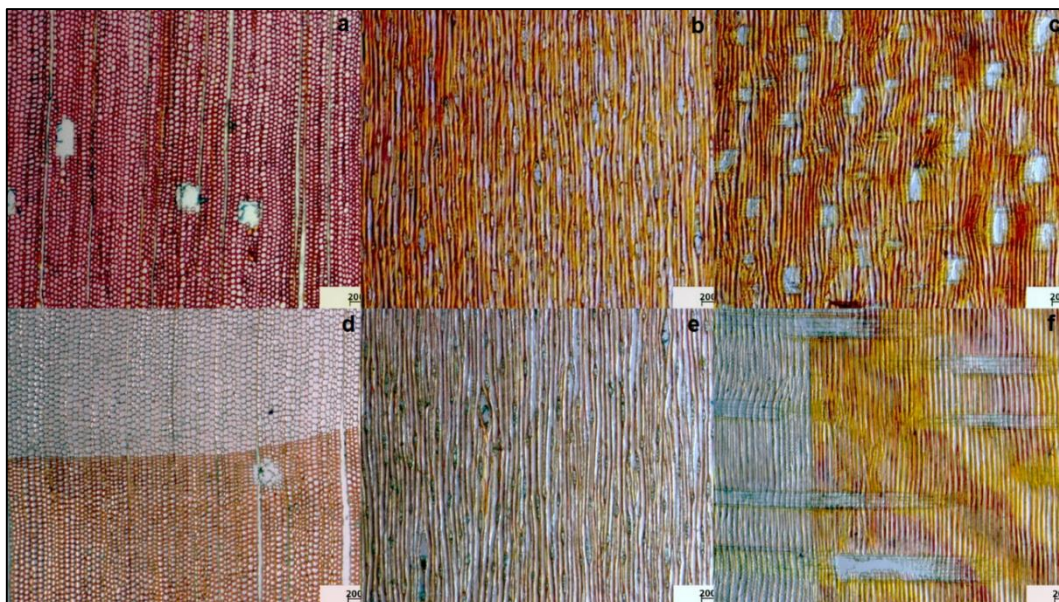
Pode-se verificar que a madeira que possui lenho anormal de compressão apresentou diferenças estatísticas em cinco análises realizadas,

sendo elas às análises de materiais inorgânicos, solubilidade em hidróxido de sódio, teor de lignina e teor de holocelulose quando comparado a madeira testemunha, já as análises de solubilidade em etanol-tolueno e os extrativos totais não se diferenciaram estatisticamente nos tratamentos. Desta forma, pode-se afirmar que os resultados obtidos e comparados com a literatura, que a composição química da madeira testemunha encontrada está de acordo com o citado na literatura, por sua vez, a madeira que possui o LAC possui diferenças significativas em sua composição química quando comparada a madeira que não apresenta o lenho anormal de compressão e com a literatura conhecida.

#### 5.2.4 Propriedades anatômicas

As fotos obtidas a partir das lâminas anatômicas mostraram a existência de diferenças visuais perceptíveis entre a testemunha e a madeira com lenho anormal de compressão, nelas é possível identificar diferenças claras entre, o lenho normal e o lenho anormal como pode ser observado nas imagens dos cortes histológicos apresentados na figura 14.

FIGURA 14: Imagens dos cortes anatômicos.



a) Corte transversal - testemunha; b) Corte longitudinal - testemunha; c) Corte longitudinal - testemunha; d) Corte transversal - madeira com LAC; e) Corte longitudinal - madeira com LAC; f) Corte radial - madeira com LAC.

Fonte: o autor.

A madeira do *Pinus taeda* sem defeitos apresenta cerne e alburno indistintos, coloração amarela clara, grã direita, textura média a grossa, anéis de crescimento distintos onde o lenho inicial e o lenho tardio são bem demarcados com transição abrupta entre as células.

No LAC foi observada a presença de falsos anéis de crescimento, cerne e alburno distintos, ocorrência de madeira com aspecto gelatinoso, coloração de castanho avermelhada a até tons mais fortes de vermelho, crescimento excêntrico dos anéis, células do lenho tardio com maiores espessuras de parede, grã direita, anéis de crescimentos indistintos, onde o lenho inicial e tardio se confundem, tornando difícil demarcar onde um anel começa e termina.



## 6 CONCLUSÕES

- A origem do lenho anormal de compressão nos plantios de *Pinus taeda* na região serrana do estado de Santa Catarina tem forte relação com a procedência do material genético usada na produção de mudas, oriundas da África do Sul.
- Não foi detectado a ocorrência do LAC nas árvores com procedência da Geórgia.
- As análises e ensaios realizados demonstraram que há alterações significativas nas propriedades físicas, mecânicas, químicas e anatômicas da madeira com lenho anormal de compressão, e estas alterações afetam significativamente o uso das árvores que apresentam esta alteração, por limitarem o seu uso ou ainda por necessitarem de alguma modificação no seu processo de desdobro e/ou trabalho.
- Para as análises físicas a ocorrência do LAC alterou os valores de massa específica básica, que se apresentou maior que os demais, ainda assim, o LAC e os demais tratamentos apresentam massa específica leve, entre 0,4 e 0,5 g/cm<sup>3</sup>. Quando separados por altura de coleta o comportamento da massa específica se manteve, sendo maior para o LAC. A estabilidade dimensional foi maior nas amostras de madeira com o LAC.
- As alterações que ocorrem na madeira devido ao LAC implicam em uma maior resistência da madeira quando a força é aplicada no sentido paralelo ao das fibras, contudo, no momento em que a força é aplicada no sentido perpendicular ao das fibras, no ensaio de flexão estática a madeira com LAC é menos resistente.
- As análises químicas demonstraram que madeira com presença do LAC apresentou um aumento nos teores de lignina, cinzas e extrativos em NaOH, juntamente com o menor valor de holocelulose obtido, indicam que a madeira

com LAC é mais rígida, difícil de ser processada e seca, além de ser mais propensa à degradação por fungos e agentes biodegradadores e também menor rendimento na produção de celulose.

## 7 RECOMENDAÇÕES

- Analisar os impactos tecnológicos e financeiros gerados pela utilização da madeira com lenho anormal de compressão sobre a cadeia produtiva total da madeira.
  
- Avaliar os impactos nos rendimentos das indústrias;
  
- Determinar o índice de ocorrência da madeira de compressão nos povoamentos de *Pinus* de Santa Catarina e identificar em qual procedência a sua incidência é maior;
  
- Aumentar os estudos sobre o tema, visto que o problema nacionalmente é recente.
  
- Realização de melhoramentos genéticos com a seleção de indivíduos que não produzem a madeira com LAC.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7989**. Determinação da lignina insolúvel em ácido. 2003.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7990**. Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%. 2001.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13999**. Determinação do Material Inorgânico. 2003.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14853**. Determinação do material solúvel em etanol:tolueno e em diclorometano. 2002.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14660**. Madeira-Amostragem e preparação para análise. 204
- ABNT - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **ABRAF. Anuário Estatístico ABRAF 2013**. Brasília. 2013.
- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. **Cultivo do Pinus**. Embrapa Florestas, 2. Ed. 2011. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivoPinus\\_2ed/](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivoPinus_2ed/)>. Acesso em 01 de julho de 2013.
- ANDRADE, A.S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e da classe de produtividade**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo Setorial 2009**: ano base 2008. Curitiba, 2009. 43 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **BRACELPA**. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/134>>. Acesso em 16 de setembro de 2015.
- BAKER, J. B.; LANGDON, O. G. P. *taeda* L. - Loblolly pine. In: BURNS, R.M.; HONKALA, B.H. (Eds.). **Silvics of North America**. Washington: USDA Forest Service. v.1. p.497-512, 1990.
- BALLARIN, A.W.; LARA PALMA, H.A. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Árvore**, v.27, n.3, p.371 - 380, 2003.
- BAMBER, R.K. A general theory for the origin of growth stresses in reaction wood: how trees stay upright. **International Association of Wood Anatomists Journal** 2001; 22(3): 205-212.

BARRICHELO, L. E. G.; KAGEYAMA, P. Y.; SPELTZ, R. M.; BONISH, H. S.; BRITO, J.O.; FERREIRA, M. Estudo de procedências de *Pinus taeda* visando aproveitamento industrial. **IPEF**, Piracicaba, n. 15, p. 1-14, 1977.

BASSA, A. G. M. C. **Misturas de madeira de *Eucalyptus globulus* e *Pinus taeda* para a produção de celulose Kraft através do processo Lo-Solids**. 2006. 168p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BENDSTEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, v. 28, p. 61-72, 1978.

BODIG, J.; JAYNE, B.A. **Mechanics of wood and wood composites**. Krieger Publ. Malabar, 712 p. 1993.

BOITEUX, Henrique. **Madeiras de Construção de Santa Catarina**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1942.

BORTOLETTO JUNIOR, G. **Estudo da qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. provenientes de árvores adultas atingidas por incêndio florestal**. 173 f. Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

BRAND, M.A.; KRAMBECK, L.B.P.; SIMÃO, R.L.; SANQUETTA, C.R.; SASSO, J.G. Ensaio experimental de espécies do gênero *Pinus* na avaliação das propriedades mecânicas da madeira. In: III ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2004, Lages, **Anais...** Lages, Universidade do Planalto Catarinense, 2004.

BROWNING, B.L. **The Chemistry of wood**. New York, John Wiley & Sons, 1963. 689p.

BRITO, J.O. ; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre o teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. Circular técnica. **IPEF**, v. 30, p. 1- 6, 1979.

BOWYER, J.L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J.G. **Forest products and wood science: an introduction**. 4th ed. Ames: Iowa State Press, 2003. 554 p.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo. Livraria Nobel S.A, 154 p. 1991.

CARDOSO, D. J. **Avaliação da Influência dos Fatores Sítio, Idade, Densidade e Posição Sociológica na Relação Hipsométrica para *Pinus taeda* nas regiões central e Sudeste do Estado do Paraná**. Curitiba: 1989. Dissertação (mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CARGNIN, O. **Alternativas das florestas de pinus**. [on line]. 2005. Disponível em:

<<http://www.valeverde.org.br/html/clipp2.php?id=3752&categoria=Biodiversidade>>. Consultado em 15/08/06.

CASTELO, P. A. R. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão**. Curitiba: 2007. Tese (doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de *Pinus taeda* L.** Curitiba: 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

COSTA, Licurgo. **O Continente das Lagens**. Florianópolis: Fundação Catarinense de Cultura, 1982.

Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **COPANT 555**. Método de ensayo de flexion estatica. 1972.

Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **COPANT 461**. Determinación Del peso específico aparente. 1972.

Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **COPANT 462**. *Método de determinación de la contracción*.1972.

Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **COPANT 464**. Metodo de determinación de la compresión parallel al grano.1972.

COWN, D. J. Wood density of radiata pine: its variation and manipulation. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 19, p. 84-94, 1974).

COWN, D.J. Radiata pine: wood age and wood property concepts. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 10, n.3 p. 504-507, 1980.

COWN, D. J.; McCONCHIE, D. L. Wood properties variation in old-crop stand of *Radiata pine*. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 10, n. 3, p. 508-520, 1980.

DISPERATI, Attilio Antonio; MENDES, Carlos José; BERNARDI, Dennis; KNAPP, K. Andrew; MENDES, Flávio Sérgio. Experiência inicial de mapeamento aéreo da vespa-da-madeira. **Anais IX Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto**. Santos,1998. Disponível em:  
<[http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.09.36/doc/2\\_152o.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.09.36/doc/2_152o.pdf).>  
> Acesso em: 08/07/2015.

DROOMER, E.A.P. **Compression wood in *P. taeda* at Entabeni**. Some findings of its extent and probable causes. Unpublished results, Department of Forestry, South Africa., 1982.

- Encontro Nacional de Pesquisadores para Padronização da Terminologia Florestal, I., Curitiba, 1976. 101 p.
- FENGEL, D. WEGENER, G. **Wood Chemistry, ultrastructure reactions.** Berlin, 1989, 612 p.
- FERRANTE, M. **Seleção de Materiais**, 2ª edição, São Carlos, EDUFSCA, 2002, 286p.
- FILHO, Alcides Goularti. **Formação Econômica de Santa Catarina.** Florianópolis: Cidade Futura, 2002.
- FOELKEL, C.E.B. Celulose kraft de *Pinus* spp. **O Papel.** ABCP, São Paulo, p. 49-67, 1976.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; MARAIS, E.; ZANATTO, A.C.S.; SOUSA, C.M.R.; LEMOS, S.V.; Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 1, p. 103-111, 2005.
- FUJIWARA, S.; YANG, K. C. The relationship between cell length and ring width and circumferential growth rate in five Canadian species. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 21, n. 3, p.335-345, 2000.
- GAIAD, D.C.M.; FILHO, A.F.; OLIVEIRA, E.B.; PENTEADO, S.R.C **Evolução da infestação por *Sirex noctilio* em função da distribuição diamétrica em plantios de *Pinus taeda*.** Revista Floresta. Colombo, 2003, Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2276/1901>. Acesso em: 08/07/2015.
- GERE, J.M. Mecânica dos Materiais, Pioneira Thomson Learning Ltda, São Paulo. 2003.
- GOLÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Forest nutrition and fertilization.** Piracicaba: IBEF, 2000. 413p.
- GONÇALEZ, J.C.; VIEIRA, F.S.; CAMARGOS, J.A.A.; ZERBINI, N.J. Influência do sítio nas propriedades da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Cerne**, v. 15,n. 2, p. 251-255, 2009.
- GROSSER, D. **Defeitos da Madeira.** Curitiba: FUPEF, 1980. 62p. (FUPEF. Série técnica, n.2).
- GUPTA, P. K.; DURZAN, D.J. **Loblolly pine (*Pinus taeda* L.).** In. BAJAJ Y. P. S. (ed) Biotechnology in Agriculture and Forestry, Trees III. Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York, v. 16, p. 383-407, 1991.
- HANS, A.S. Artificial *Eucalyptus grandis* X *tereticornis* hybrids: survival, growth and wood density studies. **East African Agricultural and Forestry Journal**, n.39, p.321- 324, 1974.

- HAUKSSON, J.B.; BERGQVIST, G.; BERGSTEN, U.; SJÖSTRÖM, M. EDLUND, U. Prediction of basic wood properties for Norway spruce - interpretation of near infrared spectroscopy data using partial least square regression. **Wood Science and Technology**, v.35, p.475-485, 2001.
- HAWLEY, R.C; SMITH, G.H. **Silvicultura practica**. Barcelona, Omega, 1972, 544 p.
- HOFF, D. N; SIMIONI, F. J. **O Setor de Base Florestal da Serra Catarinense**. Lages: Editora Uniplac. 268 p. 2005.
- HOFFMEYER, P.; PEDERSEN, J.G. Evaluation of density and strength of Norway spruce wood by near infrared reflectance spectroscopy. **Holz als Roh- und Werkstoff** , v.53, n.3, p. 165-170, 1995.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBA 2015**. São Paulo. 2015.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE**. Extração Vegetal e Silvicultura. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sc&tema=extracaovegetal2013>>. Acesso em 07 de julho de 2015.
- IWAKIRI, S. **Classificação de madeiras tropicais através do método mecânico não destrutivo**. 91 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba,1982.
- JANKOVSKI, Tadeu. **Estudo de alguns aspectos de regeneração natural induzida em povoamentos de *Pinus taeda* L e *Pinus elliottii* Engelm**. Curitiba, 1996. 175 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- JONES, P. D.; SCHIMLECK, L. R.; MPETER, G. F.; DANIELS, R. F & CLARK A. Nondestructive estimation of *Pinus taeda* L tracheid morphological characteristics for samples from a wide range of sites Georgia. **Wood Science Technology**, v. 39, n.7, p. 529- 545, 2005.
- KEINERT JUNIOR, S.; ROZAS, E.C.E.; ESTURION, J.A.; MATSUNAGA, D.K.; MICHAQUE, M.A.M.; RINCOSKI, C.R. Relação entre a contração e o teor de umidade da madeira de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, em vários ângulos de grã. **Ciência Florestal**, v.2, n.1, p. 81-86, 1992.
- KELLEY, Stephen S.; RIALS, Timothy G.; SNELL, Rebecca; GROOM, Leslie H.; SLUITER, Amie. Use of near infrared spectroscopy to measure the chemical and mechanical properties of solid wood. **Wood Science and Technology**, v.38, n.4, p.257-276, 2004.
- KLEIN, R. M.; et al. **Madeiras do Brasil: Santa Catarina**. Florianópolis: Lunardelli, 1979.



KLITZKE, R.J. Secagem da madeira. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor florestal brasileiro**. Jerônimo Monteiro: 2007. P. 271-341.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr e Golf**. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. 291 f. Tese, (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KLOCK, U. **Manual Didático Química da Madeira**. 3ª edição revisada, Curitiba, 2005.

KOCH, P. Utilization of the Southern pines. Madison: USDA, **Forest Service Agricultural**. Handbook, 1972, 420 p.

KOLLMANN, F. F. P. **Tecnología de la Madera y sus aplicaciones**. Madrid. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. 1959. 647 p.

KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer Verlag, v. 1, 1968. 592 p.

KRONKA, F. J. N; BERTOLINI, F.; PONCE, R. H. **A Cultura do Pinus do Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 160 p. 2005.

LARSON, P.R.; NICHOLS, J.W. P.; DADSWELL, H. E. **Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis**. Madison: USDA, 2001. 42 p.

LATORRACA, J.V.F., ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**; 7(1): 279-291. 2000.

LUCAS FILHO, FC. **Estudo da influência do teor de umidade e da massa específica aparente sobre a resistência das madeiras de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm e *Pinus taeda* L.** 101 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciência Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

MALAN, F. S. 2001b. **Wood density variation patterns in South African pine with special reference to the effect of abnormal compression wood**. Internal company report, South African Forestry Company LTd, 02/2001.

MALAN, F. S.; KASSIER, H. W. Abnormal compression wood in *Pinus taeda*: A review of current knowledge and proposed future strategy. **Southern African Forestry Journal**. N° 194. July. 2002.

MARCHIORI, J. N. D. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1996. 158 p.

MATOS, J.L.M. **Estudo sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *P. taeda***. 117f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

MATTHECK, C.; KÜBLER, H. **Wood - The internal optimization of trees**. Berlin: Springer Verlag; 1998. v. 1, 129 p.

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J.R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica, XVIII, 2003, Blumenau, SC. **Anais...** Blumenau, 2003.

Disponível em:

<<http://200.169.53.89/download/CD%20congressos/2003/CRICTE>> Acesso em: 02/02/2012.

MENDES, L.M. ***Pinus spp.* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 163 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente** – Florestas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010. Serviço Florestal Brasileiro. – Brasília: SFB. 152 p. 2010.

MONTEIRO, T.C.; SILVA, R.V.; LIMA, J.T.; BARAÚNA, E.E.P.; CARVALHO, D.M.; LIMA, M.T. Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus sp.* **Journal of Biotechnology and Biodiversity. Gurupi**; 1(1): 6-11. 2010.

MUÑIZ, G. I. B. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.** 235 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 1993.

MUÑIZ, G. I. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; CARNEIRO, M. E.; VIANA, L. C. Fundamentos e estado da arte espectroscopia no infravermelho Próximo no setor de base florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 865-875, out.-dez., 2012.

NICHOLLS, J. W. P. The effect of environmental factors on wood characteristics 2 – The effects of thinning and fertilizer treatment on the wood of *Pinus pinaster*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 20, n. 1, p. 67-73, 1971.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NOGUEIRA, A. C. **Estudo do Rendimento de Poda em Povoamentos de *Pinus taeda* L.** Curitiba, 1978. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, F. L.; LIMA J. N., GARCIA, J. N., FLORSHEIM, S. M. B. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, p. 59-70, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

OTHA, S. The observation of tree ring structure by soft x-ray densiometry (III). The influence of fertilization on ring structure os *Pinus pinaster*. **Moduzai Gakaishi**, [S.I.], v. 27, p.157-162, 1981.

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V.T. Biotechnological potential of agro-industrial residues: Sugarcane bagasse. **Bioresource Technology**. v. 74, p. 69-80, 2000.

PANSHIN A.J., DE ZEEUW C.; **Textbook of technology**. 4th ed. New York: McGraw Hill; 1980. 705 p.

PARKER, H. **Simplified design of structural timber**. New York, John Wiley, 2º Ed., 1963. 265p.

PATIÑO-VALERA, F. **Variação genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento**. Piracicaba, 1986. 192 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. 964 p.

PONCE, R. M. **Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico**. In: I Seminário sobre Processamento e Utilização de Madeiras de reflorestamento. Curitiba, SBD, p. 9-13, 1983

POYNTON, R.L. **Tree planting in Southern Africa, Vol. 1: The pines**. Report to SARCCUS, Department of forestry, South Africa. 1979.

REMADE. Retrabilidade da madeira. Revista da madeira, n.59, 2001. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em 18/02/2012.

RUDMAN, P.; MCKINNEL, F. H. Effects of fertilizers on wood density of young radiata pine. **Australian Forestry** Canberra, v. 34, p. 170-178, 1970.

SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, v.10, n.1, p.85-93 85, 2000.

SCHILLING, A. C; SCHENEIDER, P. R.; HASELEIN, C. R; FINGER, C. A. G. Influência de diferentes intensidades de desrama sobre a porcentagem de lenho tardio e quantidade de nós da madeira de primeiro desbaste de *Pinus elliottii* Engelm **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 115-127, 1998.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Universidade Federal de Lavras – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão. Lavras, 1997. 433p.

SHIMIZU, J. Y. **Cultivo do Pinus (Espécies)**, [S.l.], Embrapa, novembro de 2005, disponível em:  
<[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03\\_especies\\_mais\\_plantadas\\_no\\_brasil.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03_especies_mais_plantadas_no_brasil.htm)>. Acesso em: 10/10/2009.

SHIMIZU, J.Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.

SHIMIZU, J.Y.; MEDRADO, M. J. S. **Cultivo do Pinus**. [on line]. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/index.htm>>. Consultado em 18/10/2006.

SCHIMLECK, Laurence R.; EVANS, Robert; ILLIC, J. Estimation of *Eucalyptus delegatensis* wood properties by near-infrared spectroscopy. **Canadian Journal of Forest Research**. Canada, v.31, n.10, p.1671-1675, 2001a.

SCHIMLECK, Laurence R.; EVANS, Robert; ILLIC, J.; MATHESON, A.C. Estimation of wood stiffness of increment cores by near-infrared spectroscopy. **Canadian Journal of Forest Research**. Canada, v.32, n.1, p.129-135, 2002b.

SCHIMLECK, Laurence R.; EVANS, Robert; MATHESON, AC. Estimation of *Pinus radiata* D. Don clear wood properties by near infrared spectroscopy. **Journal of Wood Science**, v.48, n.2, p.132-137, 2002a.

SEFARA, Nelson L.; CONRADIE, Denise; TURNER, Philip. Progress in the use of near-infrared absorption spectroscopy as a tool for the rapid determination of pulp yield in plantation eucalypts. **Tappsa Journal**. Nov. 2000, p. 15-17.

SEVERO, E.T.D.; CALONEGO, F.W.; SANSÍGOLO, C.A. Composição química da madeira de *Eucalyptus citriodora* em função das direções estruturais. *Silva Lusitana*, v. 14, n.1, p. 113-126, 2006.

SHULTZ, R. P. Utilization needs as a driving force in timber management research. In: FOREST PRODUCTS RESEARCH CONFERENCE (1986: Madison).

SIAU, J. F. **Flow in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. 131 p.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 245p.

SILVA, P.R.V. 2002. Histórico da espectroscopia de infravermelho próximo. Disponível <<http://www.consultornir.hhpg.com.br>>. Acesso em março de 2003.

SILVEIRA, C. R. **História da Indústria da Madeira – Serra Catarinense – 1940-2005**. Cláudio Silveira – Lages (SC). vol. 1. ed. 1. Editora Leão Baio. 452 p. 2005.

SILVEIRA, C. R. **História da Indústria da Madeira – Serra Catarinense – 1940-2005**. Cláudio Silveira – Lages (SC). vol. 1. ed. 2. Editora Leão Baio. 222 p. 2009.

SILVEIRA, C. R. **História da Indústria da Madeira – Serra Catarinense – 1940-2005**. Cláudio Silveira – Lages (SC). vol. 2. ed. 1. Editora Leão Baio. 448 p. 2010.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry**. Nova York: Academic Press, 1981. 223p.

SKAAR, C. **Water in wood**. New York: Syracuse University Press. 1972. 218 p.

SOUSA, R.C.; GIOVANINI, E.P.; FLORSHEIM, S.M.B.; GARCIA, J.N. Efeito a idade e da posição radial na densidade básica e nas dimensões dos traqueoides da madeira de *Pinus taeda* L. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 2, p. 119-127, 2007.

SMITH, D. Wood quality of loblolly pine after thinning U.S. **For. Serv. Res. Pap. FPL – 89**, 1968. 12p.

SNIF – **Sistema Nacional de Informações Florestais**. Disponível em: <[www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/consumo](http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/consumo)>. Acesso em 12 de janeiro de 2016.

SPURR; S.H.; HYVARINEN, M.J. Wood fiber length as related to position in tree and growth. **The Botanical Review**, v. 20, p. 561-575, 1954.

STAPE, J. L. Aprimoramento no manejo de florestas plantadas. In: **SIMPÓSIO IPEF – A reengenharia e seus impactos no desenvolvimento científico e tecnológico do setor florestal**, 1996, 6., São Pedro. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, 1996. v. 2, p. 31-37.

SZÜCS, C.A.; BOHN, A.R. **A importância histórica e atual da Madeira na economia no Estado de Santa Catarina**. In: Encontro Brasileiro Em Madeiras E Em Estruturas De Madeira, 8, 2002, Uberlândia. Anais... Uberlândia, 2002.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TANG, W.; OUYANG, F.; GUO, Z.; Plant regeneration through organogenesis from callus induced from mature zygotic embryos of loblolly pine. **Plant Cell Reports**, v. 17, p. 557-560, 1998.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada** 262 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da Qualidade da Madeira de Espécies de Pinus Tropicais por meio de Métodos Convencionais e Não Destrutivos**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – UFPR, Curitiba. 2012.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

TSOUMIS, G. T. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Chapman e Hall, 1991. 479 p.

VAN DER SJIDE, H. A.; SHAW, M. J. P.; VAN WYK, G. Reaction wood in *P. taeda* – A preliminary report. **South African Forestry Journal** 133: 27-34. 1985.

VIA, Brian K. **Modeling longleaf pine (*Pinus palustris* Mill) wood properties using near infrared spectroscopy**. Tese. School of Renewable Natural Resources. Louisiana State University, 2004.

USDA **The Southern Pines: An American Wood** United States. Department of Agriculture FS-256 11p. 1985.

XAVIER, J. A.; MATOS, J. L. M.; TRIANOSKI, R. Variabilidade da massa específica básica de *Pinus taeda* L. em diferentes idades de plantio In: I SIMADERJ - SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Anais...** Seropédica, UFRRJ, 2008. 1 CD-ROM.

ZENID, G.J. Madeira e suas características. In: OLIVEIRA, J.T.S; FIELDER, N.C; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor florestal brasileiro**. Jerônimo Monteiro: 2007. P. 125-158.